A. BRÉMANT

SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES

COURS SUPÉRIEUR

LIBRAIRIE RATIER

Prix : 2 fr. 25

SCIENCES PHYSIQUES

ET NATURELLES

PAR

BRÉMANT

COURS SUPÉRIEUR

Nouvelle édition (5e) soigneusement revue

PARIS
LIBRAIRIE A. HATIER
8, RUE D'ASSAS, 8

1915
Tous droits réservés

Les trois règnes de la nature.

SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES

Cours supérieur

DIVISIONS GÉNÉRALES

1. **Objet.** — Les sciences physiques et naturelles ont pour objet l'étude des corps de la nature, de leurs propriétés et des lois de leur organisation.

2. **Les trois règnes.** — Les corps ou êtres se répartissent en *trois grandes divisions* ou *règnes* : le règne ANIMAL, le règne VÉGÉTAL, le règne MINÉRAL.

3. **Règne animal.** — Le règne animal comprend les êtres dont l'organisation est la plus parfaite : l'*homme* et les *animaux*.

Les êtres de ce règne *naissent*, *grandissent*, se *reproduisent* et *meurent*. Ils ont en outre la faculté de *sentir* et de se *mouvoir*. Ex. : l'homme, le chien, l'oiseau, etc.

4. **Règne végétal.** — Le règne végétal comprend les *végétaux* ou *plantes*.

Les végétaux, comme les animaux, *naissent*, *croissent*, se *reproduisent* et *meurent;* mais ils ne peuvent ni sentir, ni se mouvoir. Ex. : le blé, la pomme de terre, le pommier, etc.

5. **Règne minéral.** — Au dernier degré de l'échelle des êtres, sont les *minéraux* ou corps inertes, sans vie et sans mouvement. Ex. : l'argile, le silex, le grès.

Quelques-uns de ces corps, qui se cristallisent, sont constitués d'après certaines lois immuables. Ex. : le cristal de roche, le gypse, ou pierre à plâtre, le sel, etc.

6. Échelle des êtres. — Malgré de grandes différences entre les individus composant chacun des règnes et même entre les individus d'un même règne, il existe entre tous les êtres de la nature une véritable *gradation*. Au bas de l'*échelle* sont les minéraux ; en haut sont les animaux, et, à leur tête, l'homme. Les végétaux forment la *transition* entre les deux autres règnes.

Chaque individu a sur le précédent l'avantage d'une supériorité parfois imperceptible. C'est ainsi que par certaines *mousses* et par les *lichens*, en apparence sans vie, on passe du règne minéral au règne végétal, et que, par les *éponges*, immobiles et en apparence insensibles, on va des végétaux aux minéraux.

7. L'Homme. — Au-dessus de tous les êtres, et au milieu d'eux, est l'*homme* qui a, lui seul, la *faculté de penser;* il a l'*intelligence* et la *raison* qui lui permettent de diriger sa vie à son gré, et de disposer à son profit de tous les êtres qui peuplent le monde.

Les minéraux lui fournissent les matériaux nécessaires à la construction des maisons, des usines et des édifices. La terre, qu'il a appelée sa mère nourricière, produit, pour sa nourriture et ses usages, une infinité de végétaux variés.

Les animaux eux-mêmes sont mis à sa disposition pour le nourrir, le vêtir et l'aider dans ses travaux.

RÉSUMÉ

1. Objet. — Les sciences physiques et naturelles ont pour objet l'étude des corps de la nature.

2. Les trois règnes. — On distingue trois règnes dans la nature : règne *animal*, règne *végétal*, règne *minéral*.

3. Règne animal. — Les *animaux* naissent, grandissent, sentent, se meuvent, se reproduisent et meurent.

4. Règne végétal. — Les *végétaux* naissent, croissent, se reproduisent et meurent. Ils n'ont ni sensibilité, ni mouvement.

5. Règne minéral. — Les *minéraux* sont inertes, bruts, sans vie et sans mouvement.

6 Échelle des êtres. — Entre tous les êtres, il existe une véritable gradation. Au bas de l'échelle sont les minéraux ; en haut sont les animaux, et, à leur tête, l'homme. Les végétaux forment la transition entre les deux autres règnes.

7. L'Homme. — L'homme met à contribution les trois règnes de la nature pour la satisfaction de ses besoins et pour assurer son bien-être.

Questionnaire.

1. Quel est le but de l'étude des sciences physiques et naturelles ? — **2.** Combien existe-t-il de règnes dans la nature ? — **3.** Quels sont les caractères distinctifs des animaux ? — **4.** Des végétaux ? — **5.** Des minéraux ? — **6.** Comment l'homme tire-t-il parti des richesses que lui offre la nature ?

RÉDACTION. — Décrire un minéral, un végétal et un animal Ressemblances et différences de ces êtres.

CHAPITRE PREMIER

L'HOMME

1. Supériorité morale et physique de l'homme. — L homme est supérieur à tous les animaux parce qu'il est doué d'intelligence et possède une âme raisonnable. Il est seul capable de juger, de discerner le bien du mal, le juste de l'injuste et d'imiter le beau.

La vie des autres animaux reste la même à travers les siècles ; celle de l'homme, soumise au progrès, se modifie et s'améliore sans cesse.

L'homme est *sociable ;* par sympathie et par besoin, il recherche la société. Il unit ses efforts aux efforts de tous, afin de rendre son existence toujours plus aisée et meilleure. Il se *perfectionne* en outre moralement ; il se dégage de plus en plus de ses *instincts* pour n'obéir qu'à sa *raison.*

Seul il a la *parole* qui exprime ce qu'il pense, l'*écriture* qui fixe et transmet ses pensées.

Les Races Humaines.

Race blanche. Race jaune. Race noire. Race rouge (mixte).

2. Au point de vue *physique*, l'homme se distingue des animaux par la façon de se tenir : on dit que *sa station est droite*, c'est-à-dire que son corps est naturellement dans une position verticale reposant sur les membres inférieurs. La colonne vertébrale de l'homme forme une élégante courbure en forme d'S. La capacité de son crâne est double de celle de l'animal le mieux doué sous ce rapport, le gorille. Sa main est merveilleusement organisée pour saisir, pour tenir et pour manier les objets.

3. Il peut vivre sous les climats les plus divers ; il se nourrit de viandes, de légumes et de fruits. Les autres animaux se cantonnent, par espèce, sous un même climat; ils se nourrissent exclusivement, sauf quelques animaux domestiques, les uns de viande, les autres de végétaux.

2. Races humaines. — 1. La famille humaine peut être divisée en trois races principales, qui diffèrent entre elles par certains caractères physiques et encore aujourd'hui par des mœurs un peu spéciales. Ces races sont :

La race *blanche*, ou caucasique.
La race *jaune*, ou mongolique.
La race *noire*, ou africaine.

Chacune de ces races est caractérisée par le développement plus ou moins grand de l'*angle facial*.

Angle facial. — L'angle facial est formé par les

deux lignes partant l'une et l'autre du dessous du nez et se dirigeant, la première vers la partie saillante du front, l'autre vers le trou de l'oreille. Cet angle est d'autant plus grand que le front est plus proéminent. On semble admettre que le volume du cerveau correspond à un développement plus grand des facultés intellectuelles. Or, l'homme a l'angle facial plus développé que tous les autres animaux ; cet angle est de même plus développé chez les hommes de race blanche que chez les représentants des autres races.

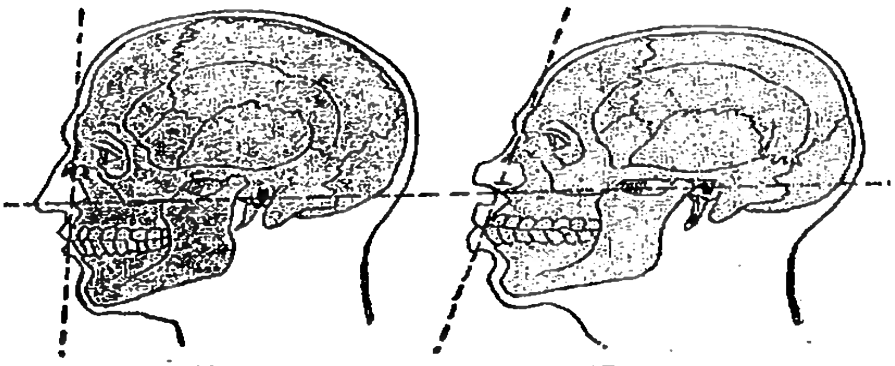


Fig. 1. Fig. 2.
Angle facial.

3. Race blanche. — Les hommes de race caucasique ont la peau blanchâtre, faiblement colorée en rose, la figure ovale, le nez droit, la ligne des yeux perpendiculaire à celle du nez, les deux mâchoires en regard l'une de l'autre, les cheveux plats ou quelquefois ondulés, mais toujours souples. L'angle facial est, en moyenne, de 80 degrés.

4. Race jaune. — Les hommes de race jaune ont la peau jaunâtre, les pommettes fortement saillantes, la ligne des yeux oblique par rapport à celle du nez, les cheveux noirs et durs. Leur angle facial est, en moyenne, de 75 degrés. Cette race est originaire des monts Altaï (1).

5. Race noire. — Les hommes de race noire, ou les *nègres*, ont la peau noire, le nez écrasé, les lèvres épaisses ; leur mâchoire inférieure avance sur la mâchoire supérieure. Ils ont les cheveux noirs et crépus, comme de la laine. L'angle facial est chez eux d'environ 70 degrés.

(1) **Altaï.** — Grande chaîne de montagnes de l'Asie centrale, divisée en Altaï mongol et Altaï russe.

6. Races mixtes. — On désigne sous ce nom les races à caractères mélangés, telles que les *races océaniennes* au teint olivâtre et les *races américaines* comprenant les *Peaux-Rouges*.

RÉSUMÉ

1. Supériorité de l'homme. — 1. L'homme est supérieur à tous les animaux, et au point de vue *moral*, et au point de vue *physique*.

Supériorité morale : l'homme obéit à sa raison, il est sociable, perfectible : il possède la parole articulée.

2-3. *Supériorité physique :* sa station est droite, sa capacité cranienne double de celle de l'animal le mieux doué ; il a des mains ; il s'acclimate facilement ; sa nourriture est variée.

2. Races humaines. — 1. Les trois principales races d'hommes sont : la race *blanche*, la race *noire*, la race *jaune*.

3. Race blanche. — 2. Dans la race *blanche*, la ligne des yeux est perpendiculaire à celle du nez ; l'angle facial est en moyenne de 80 degrés.

4. Race jaune. — Chez les types de race *jaune*, la ligne des yeux est oblique par rapport à celle du nez. Angle facial : 75 degrés.

5. Race noire. — Dans la race *noire*, le nez est écrasé, les lèvres épaisses, la mâchoire inférieure proéminente, les cheveux crépus ; l'angle facial est de 70 degrés.

6. Races mixtes. — Les races *mixtes*, comme les races *océaniennes* et *américaines*, possèdent des caractères mélangés.

Questionnaire.

1-1. Quelle est la supériorité morale de l'homme sur les animaux? — 2-3. Quels sont ses avantages physiques? — **2-1.** Citez les principales races d'hommes. — Qu'est-ce qui caractérise chacune de ces différentes races? — Comment est formé l'angle facial? — **3.** Quels sont les caractères distinctifs de la race blanche? — **4.** Quels sont les caractères distinctifs de la race jaune? — **5.** De la race noire? — **6.** Des races mixtes?

RÉDACTION. — Indiquer en quoi l'homme est supérieur aux autres animaux.

CHAPITRE II

ORGANES DU MOUVEMENT CHEZ L'HOMME

SQUELETTE

1. Squelette. — 1. Les trois parties essentielles qui constituent le corps de l'homme sont : la *tête*, dans laquelle on remarque le front, les tempes, les yeux, le nez, la bouche, le menton, les joues, les oreilles, l'occiput ou le derrière de la tête ; le *tronc* ou *torse*, qui comprend la poitrine, l'abdomen ou ventre et le *cou* qui rattache le tronc à la tête ; les *membres*, qui comprennent les *membres supérieurs*, dont les divisions sont le bras, le coude, l'avant-bras, le poignet, la paume et les doigts, et les *membres inférieurs*, qui comprennent la cuisse, le genou, la jambe, le cou-de-pied, la plante des pieds et les orteils.

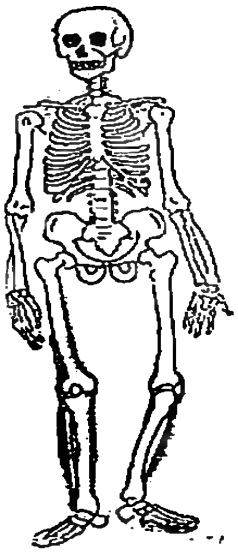


Fig. 3. Squelette.

2. La charpente qui sert de support à chacune de ces parties est constituée par des *os*, dont l'ensemble s'appelle le *squelette* (fig. 3).

2. Os. — 1. Les os sont formés de l'union de deux sels terreux: le *phosphate* et le *carbonate de calcium ;*

puis d'une matière organique, l'*osséine*, analogue à la *gélatine*. Le feu décompose les os : l'osséine disparaît et il reste la partie minérale. Au contraire, on isole la partie animale en laissant dissoudre les sels terreux dans de l'eau contenant de l'*acide chlorhydrique*.

2. Dans les premiers temps de la vie, le squelette est formé d'une substance blanche, très élastique, appelée *cartilage;* ce n'est que progressivement que la substance osseuse se substitue à la substance cartilagineuse et que les os acquièrent la solidité qu'ils doivent avoir.

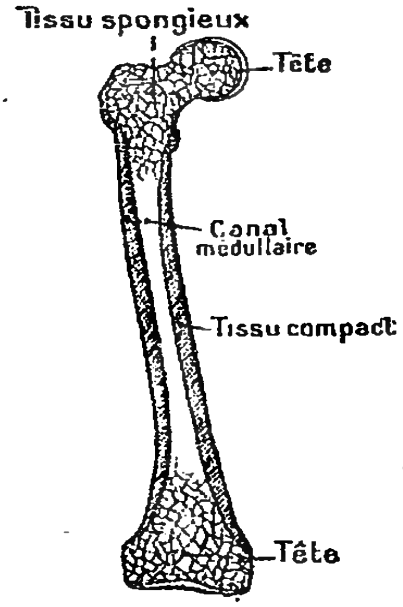


FIG. 4. — Coupe en long du fémur.

Au point de vue de leur forme extérieure, on classe les os en : *os longs* (os des bras et des jambes); *os plats* (os du crâne et du bassin); *os courts* (os des doigts).

Les *os longs* sont creux dans leur partie moyenne; ils offrent un canal rempli d'une substance grasse, la *moelle :* c'est le *canal médullaire*.

Les *os plats* sont généralement soudés les uns aux autres et forment des cavités fixes.

3. Os de la tête. — 1. La tête comprend les *os du crâne* et les *os de la face*.

Les *os du crâne* sont : le *frontal*, au front; les deux *pariétaux*, sur le haut de la tête, derrière le frontal; les deux *temporaux* aux tempes; l'*occipital* en arrière, percé d'un trou pour laisser passer la moelle épinière; enfin, à la base, le *sphénoïde* et l'*ethmoïde* sur lesquels repose le cerveau; le sphénoïde est seul apparent.

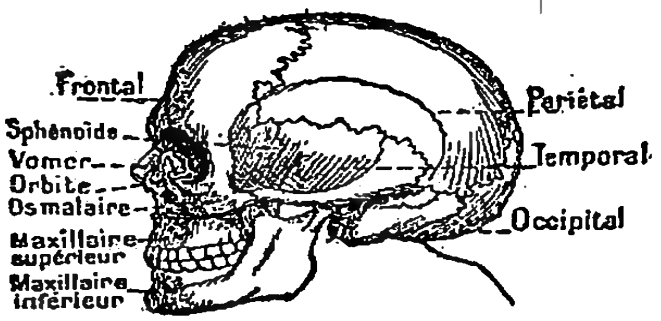


FIG. 5. — Les os de la tête.

Les *os de la face* sont : les *os nasaux;* les deux *ma-*

laires ou les pommettes ; le *vomer* qui sert de cloison aux fosses nasales ; les *deux maxillaires* ou os des mâchoires ; le *maxillaire supérieur* est fixé au crâne, le *maxillaire inférieur* peut se mouvoir de bas en haut et permet la mastication.

Deux cavités profondes, au-dessous du frontal, forment les *orbites*, où sont logés les yeux.

4. Os du tronc. — 1. La partie principale du squelette est la *colonne vertébrale* ou épine dorsale ; elle est formée de la réunion de petits os superposés les uns aux autres et solidement fixés entre eux, les *vertèbres* (fig. 6 à 9).

2. Ces os plats sont percés d'un trou qui, en communiquant avec ceux des autres vertèbres, constitue un canal, le *canal vertébral*, commençant au crâne pour

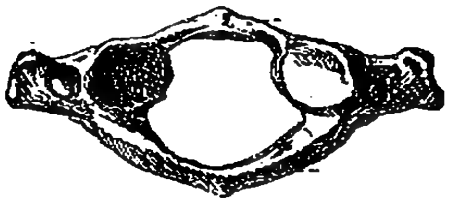


Fig. 6.— L'*atlas* (première vertèbre cervicale).

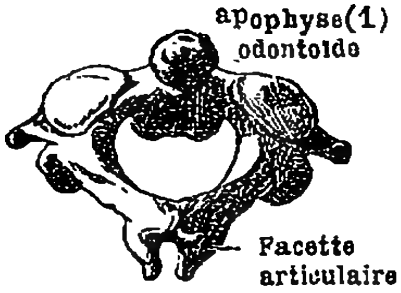


Fig. 7 — L'*axis* (deuxième vertèbre cervicale)

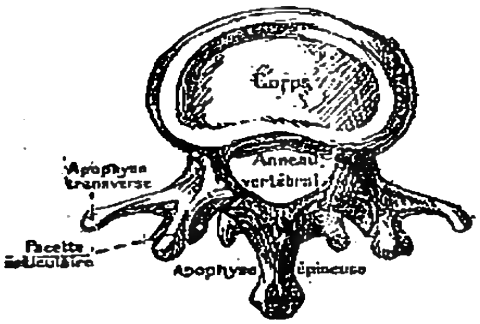


Fig. 8. — Vertèbre lombaire

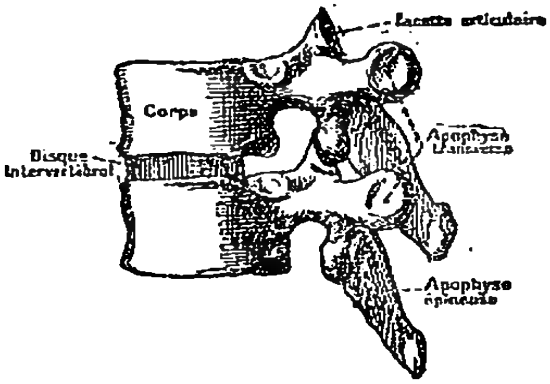


Fig. 9 — Deux vertèbres superposées.

finir à l'extrémité inférieure de la colonne vertébrale et qui renferme la moelle épinière.

3. La colonne vertébrale porte différents noms, suivant les parties du tronc qu'elle soutient ; ce sont :

(1) *Apophyse* signifie partie saillante sur un os.

La *région cervicale*, correspondant au cou (7 vertèbres); la *région dorsale*, correspondant au dos (12); la *région lombaire*, correspondant aux reins (5); puis la *région sacrée* ou *sacrum* (5); et enfin la *région coccygienne* (3). Ces deux dernières régions sont formées de vertèbres soudées entre elles chez l'homme adulte, et les vertèbres du coccyx n'ont pas de moelle. La première vertèbre supérieure, celle qui supporte la tête, est appelée *atlas*, la deuxième *axis* (fig. 6 et 7).

4. De chacune des douze vertèbres de la région dor-

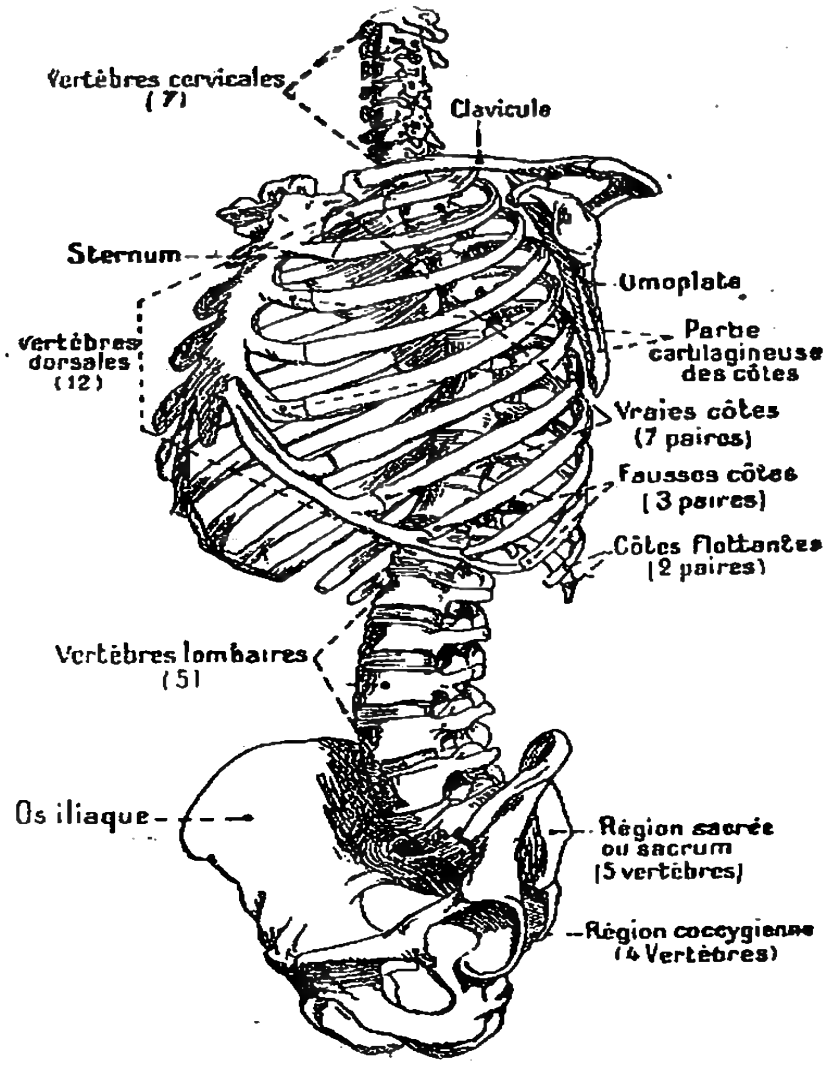


Fig. 10. — La colonne vertébrale et le thorax.

sale part une paire d'os, les *côtes*, ressemblant à des cerceaux, se recourbant autour du tronc pour former une cage osseuse, à claire-voie, le *thorax* (fig. 10). Les sept premières paires de côtes, dont les extrémités oppo-

sées à la colonne vertébrale restent toujours à l'état de cartilage, viennent se souder à un os plat, le *sternum*, situé sur la ligne médiane de la poitrine ; ce sont les *vraies côtes*. Les trois autres paires n'arrivent pas au sternum, elles se joignent aux cartilages des côtes précédentes ; ce sont les *fausses côtes*. Les deux autres paires sont libres en avant; ce sont les *côtes flottantes*.

5. Os des membres supérieurs. — 1. L'os du bras, l'*humérus* (fig.11), est long et cylindrique, à grosse tête arrondie; dans l'avant-bras se trouvent deux os, le *radius* et le *cubitus :* le cubitus est solidement articulé avec l'humérus ; le radius peut tourner sur le cubitus en entraînant la main.

2. Le poignet est composé de huit os, dont l'ensemble s'appelle *carpe ;* les os de la paume de la main sont connus sous le nom général de *métacarpe ;* et enfin dans les doigts se distinguent les *phalanges*, au nombre de trois, (sauf dans le pouce qui n'en a que deux) qu'on désigne sous les noms de *phalange*, *phalangine*, *phalangette ;* cette dernière porte l'ongle.

3. Les membres supérieurs sont reliés au tronc par deux os qui composent l'*épaule :* la *clavicule* et l'*omoplate* (fig. 11).

La clavicule est un os long, disposé entre le sternum et l'omoplate ; elle est une épaulette naturelle. Elle sert à maintenir les épaules écartées.

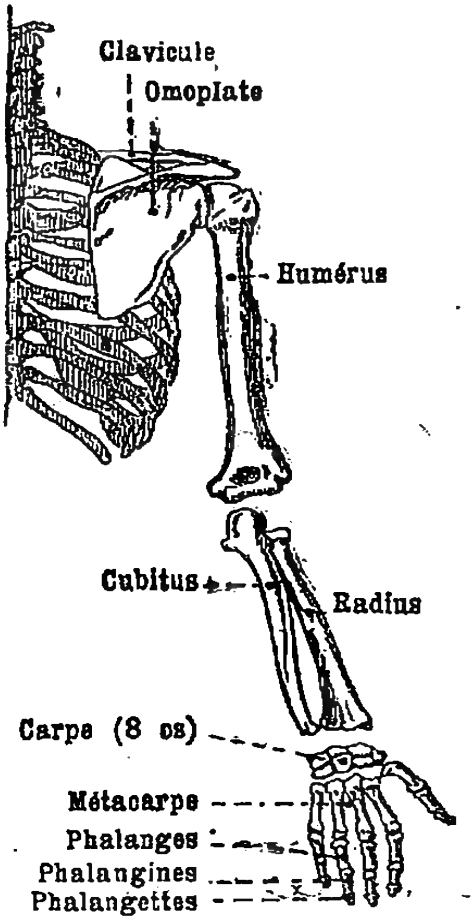


FIG. 11. — Os des membres supérieurs.

L'omoplate, désignée encore ous le nom de *palette* de l'épaule, est un os plat, très peu épais sur le dos, mais dont un des sommets s'arron-

dit, en une cavité destinée à recevoir la tête de l'humérus.

6. **Os des membres inférieurs.** — 1. La cuisse a un seul os : le *fémur*. La jambe a deux os : le *tibia* et le *péroné ;* entre la cuisse et la jambe se trouve la *rotule*, petit os rond, qui forme le *genou*. Dans le cou-de-pied, on remarque sept os composant le *tarse ;* dans la plante, cinq os composant le *métatarse;* dans les orteils, les *phalanges*. L'un des os du tarse, l'os du talon le *calcanéum*, gros et court, soutient le poids du corps dans la marche (fig. 12).

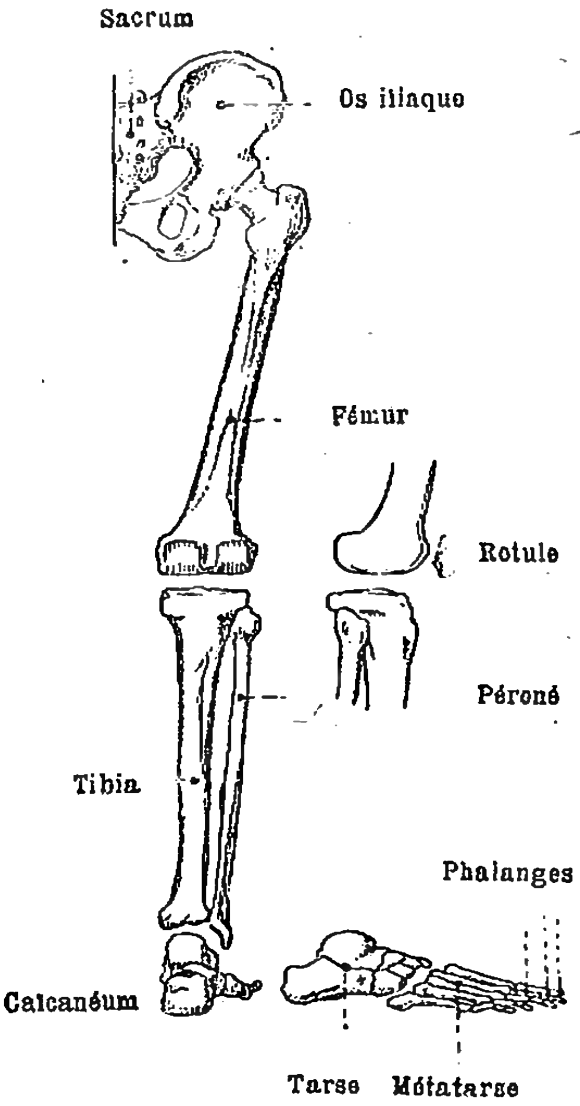


Fig. 12. — Os des membres inférieurs.

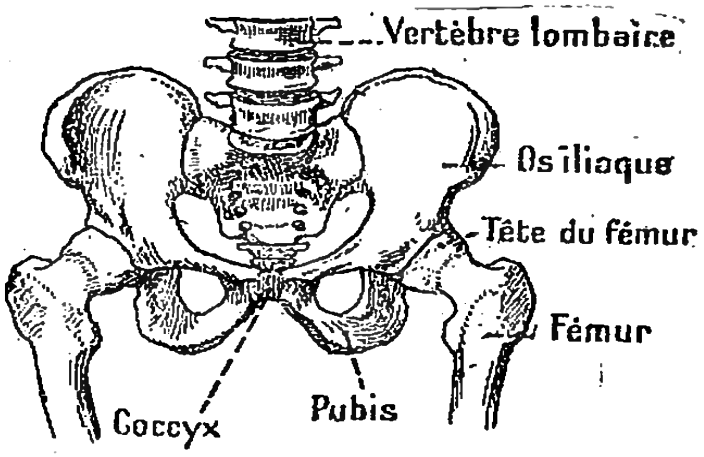


Fig. 13. — Le bassin, vu de face.

2. Les membres inférieurs sont reliés au tronc par une solide ceinture osseuse en forme de cuvette, le *bassin*, limité en arrière par le *sacrum* et le *coccyx*, sur les côtés et en avant par les os *iliaques* dont on sent facilement la présence aux hanches (fig. 13).

RÉSUMÉ

1. Squelette. — 1. Le corps de l'homme comprend trois parties distinctes : la *tête*, le *tronc*, les *membres supérieurs* et *inférieurs*.

2. La charpente qui soutient ces différentes parties s'appelle *squelette*.

2. Os. — Le squelette de l'homme est formé d'os, qui sont composés de *phosphate*, de *carbonate de calcium* et d'*osséine*.

2. Les os sont *cartilagineux* dans le premier âge.

3. Os de la tête. — 1-2. Les principaux **os de la tête** sont : le *frontal*, les *deux pariétaux*, les *deux temporaux*, l'*occipital*, les os du nez, les deux *maxillaires*.

4. Os du tronc. — 1-2-3. Les **os du tronc** sont : la *colonne vertébrale*, comprenant les régions *cervicale*, *dorsale*, *lombaire*, *sacrée*, *coccygienne* ; les *côtes* se réunissant au *sternum* constituent le *thorax*.

5. Os des membres supérieurs. — 1-2-3. Les **os des membres supérieurs** sont : l'*humérus*, le *radius* et le *cubitus*, le *carpe*, le *métacarpe* et les *phalanges*. Ils sont reliés à la colonne vertébrale par la *clavicule* et l'*omoplate*.

6. Os des membres inférieurs. — Les **os des membres inférieurs** sont : le *fémur*, le *tibia*, le *péroné*, la *rotule*, le *tarse* comprenant le *calcanéum*, le *métatarse* et les *phalanges*. Ils sont reliés à la colonne vertébrale par le *bassin* (os iliaques).

Questionnaire.

1-1. Quelles sont les principales parties du corps humain ? — 2. Qu'appelle-t-on squelette ? — **2-1.** Quelle est la composition des os ? — Comment peut-on en séparer les différentes parties ? — 2. Quelle est la consistance du squelette chez les enfants ? — **3-1.** Quels sont les principaux os de la tête ? — 2. Qu'appelle-t-on orbites ? — maxillaires ?

4-1. Qu'est-ce que la colonne vertébrale ? — 2. Décrivez une vertèbre. — 3. Quelles sont les différentes parties de la colonne vertébrale ? — 4. De quoi est formé le thorax ? — Combien y a-t-il de paires de côtes ? — **5-1.** Quels sont les os des membres supérieurs ? — 2. Du poignet et de la main ? — 3. Que savez-vous de la clavicule et de l'omoplate ? — **6-1.** Citez les os des membres inférieurs. — 2. Comment les membres inférieurs sont-ils rattachés au tronc ?

RÉDACTION. — Faire la description du squelette de l'homme. Rôle des parties principales.

CHAPITRE III

ARTICULATIONS. — LIGAMENTS

MUSCLES. — PEAU. — GLANDES
LES SÉCRÉTIONS. L'URINE. LA SUEUR

1. Articulations. — Les os sont réunis entre eux par des *articulations*.

Les articulations sont *fixes* comme celles des os de la tête, ou elles sont *mobiles* comme celles des os du bras et de l'avant-bras.

Dans les articulations mobiles, l'os qui reste fixe possède une cavité dans laquelle s'emboîte et joue la tête arrondie de l'os mobile. Les deux os, à l'articulation, sont enduits d'une croûte luisante et polie humectée par un liquide huileux sans cesse renouvelé, la *synovie*.

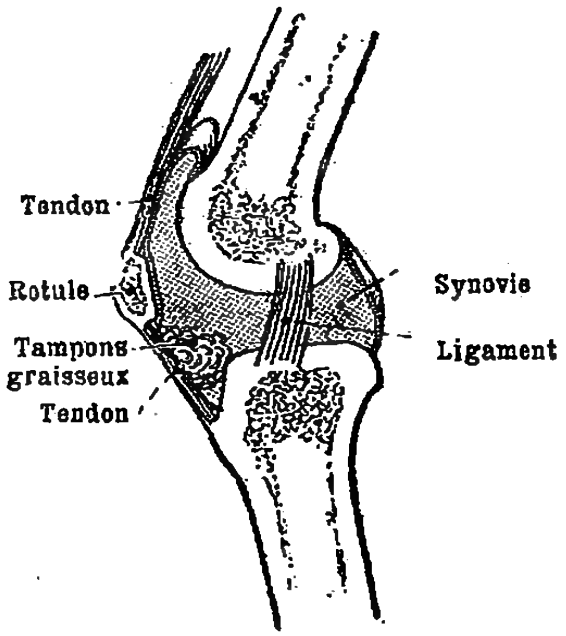


Fig. 14.— Articulation du genou.

2. Ligaments. — 1. Chaque os est solidement attaché à celui avec lequel il doit s'articuler, à l'aide de bandelettes fibreuses nommées *ligaments*. Ces ligaments offrent une très grande résistance, mais ils sont dépourvus d'élasticité ; l'exercice les développe et les assouplit ; c'est pourquoi la gymnastique, la course, les jeux, les sports en général, bien réglés, rendent plus vigoureux et plus forts. Il ne faut pas oublier qu'un muscle qui ne travaille pas s'affaiblit, s'atrophie.

2. L'*entorse* est occasionnée par la distension violente des ligaments qui rattachent deux os ; si les os se sont déplacés et restent écartés de leur situation normale,

il y a *luxation*. Il y a *fracture*, si un os est brisé.

3. Muscles. — Nature et propriété des muscles. — 1. Les muscles sont les organes producteurs des mouvements : ce sont eux qui constituent la partie maigre de la *chair* ou viande des animaux. Les muscles sont formés de fibres rouges, facilement séparables : on les voit dans un morceau de bœuf bouilli ; ils ont l'apparence d'écheveaux de fils. Ils sont fixés par chacune de leurs extrémités sur les os du squelette. Rarement, ces muscles sont attachés immédiatement à l'os lui-même ; le plus souvent, c'est un tendon qui sert d'intermédiaire entre le muscle et l'os.

2. Les *tendons* sont aussi formés de fibres, mais de fibres blanches et beaucoup plus compactes que celles des muscles.

3. Les fibres musculaires jouissent de la singulière propriété de se *contracter* sous l'influence de la volonté ou de l'électricité, et en se contractant, elles diminuent en longueur, et augmentent d'épaisseur et de consistance (fig. 15). C'est ce qu'on remarque, en effet, lorsqu'on rapproche l'avant-bras du bras : le muscle *biceps* fait, dans ce mouvement, une saillie dont le volume ainsi que la dureté sont faciles à constater.

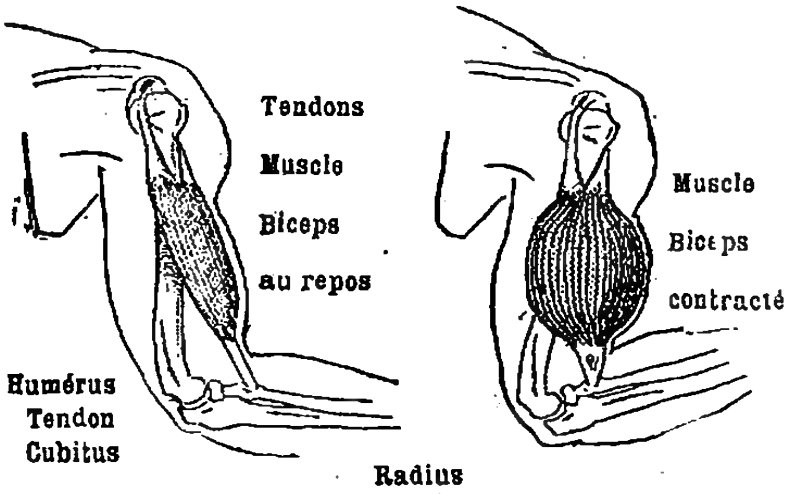
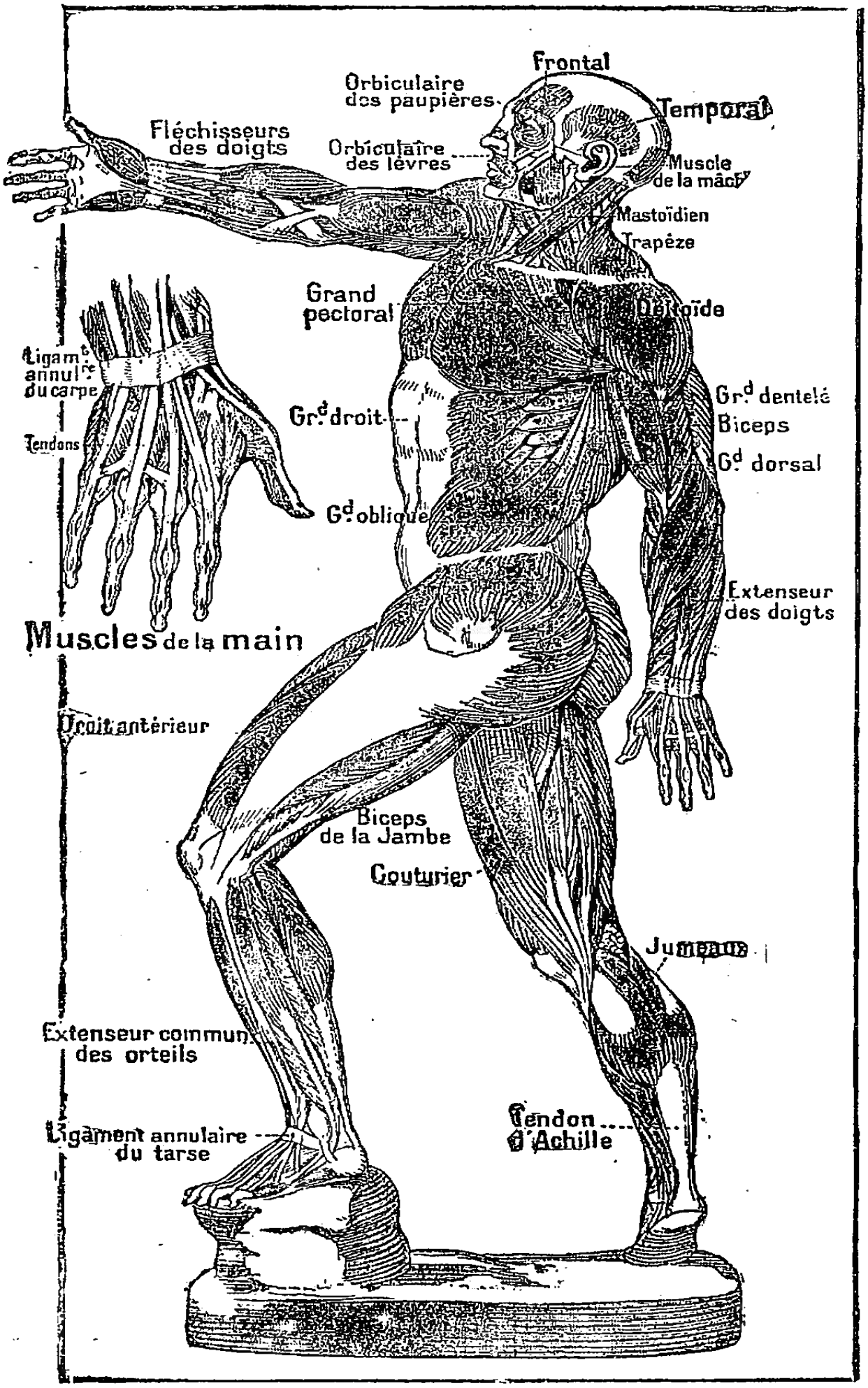


FIG. 15. — Contraction des muscles.

La contractilité musculaire peut même être constatée sur un muscle appartenant à un animal mort depuis un temps ne dépassant guère six heures. Si, en effet, on vient à exciter par l'électricité un muscle d'un cadavre, on le voit se contracter, entraînant avec lui l'os qui s'y


Frontal
Orbiculaire des paupières
Temporal
Fléchisseurs des doigts
Orbiculaire des lèvres
Muscle de la mâch
Mastoïdien
Trapèze
Grand pectoral
Deltoïde
Ligam.t annul.re du carpe
Tendons
Gr.d droit
Gr.d dentelé
Biceps
Gd dorsal
Gd oblique
Extenseur des doigts
Muscles de la main
Droit antérieur
Biceps de la Jambe
Couturier
Jumeaux
Extenseur commun des orteils
Ligament annulaire du tarse
Tendon d'Achille

articule. A partir du moment où les muscles deviennent inexcitables, on dit que le corps présente la *rigidité cadavérique.*

4. Les muscles qui constituent la chair de l'homme sont en nombre considérable ; ils sont extrêmement variés en volume, en longueur, en formes ; ce sont eux qui font mouvoir les os des bras et des jambes, qui permettent d'étendre ou de fléchir les doigts, qui ouvrent ou ferment les paupières et la bouche, etc.

Certains mouvements sont en dehors de la volonté, tels que les battements du cœur, les convulsions de l'estomac ; ils sont dits involontaires.

4. Principaux muscles. — Ce sont :

1. **Dans la tête** : le *temporal*, un des muscles qui aident aux mouvements de la mâchoire inférieure ; le *frontal*, qui élève les sourcils et détermine les rides du front, etc.

2. **Dans le tronc** : le *grand pectoral*, qui porte le bras en avant ; le *deltoïde*, qui sert à l'élévation du bras (fig. 18) ; les *intercostaux* qui remplissent les espaces situés entre les côtes ; le *grand dorsal* qui porte le bras en bas et en arrière.

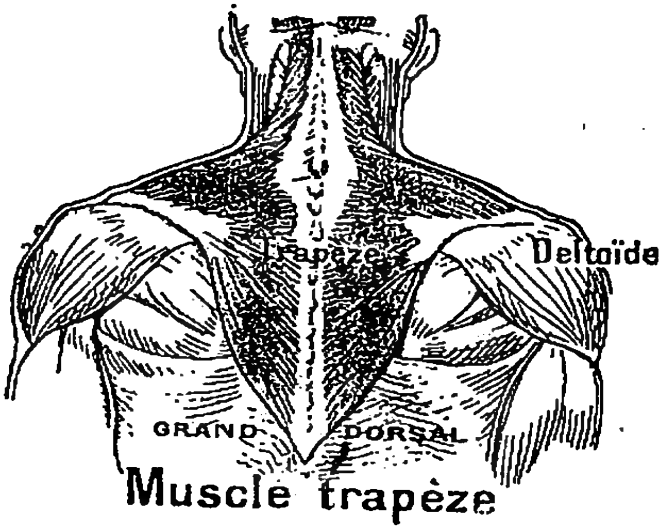


FIG. 18.

3. **Dans les membres supérieurs** : le *biceps* qui s'étend de l'omoplate au radius (fig. 16) ; le *rond pronateur* qui, du cubitus au radius, sert au mouvement d'inclinaison de la main ; les *extenseurs* et les *fléchisseurs des doigts*, etc.

4. **Dans les membres inférieurs** : le *couturier*, qui s'étend de la hanche à la partie supérieure du tibia : il sert à fléchir la cuisse ; le *triceps fémoral*, fléchisseur de la jambe ; les *extenseurs* et les *fléchisseurs* des orteils, etc.

5. Peau. — 1. La peau est une membrane qui recouvre les muscles, à l'intérieur comme à l'extérieur du corps. La peau qui tapisse les cavités intérieures du corps prend le nom de *muqueuse*.

2. La membrane de la peau est composée de deux couches : l'une, superficielle, *l'épiderme*; l'autre, profonde, le *derme*.

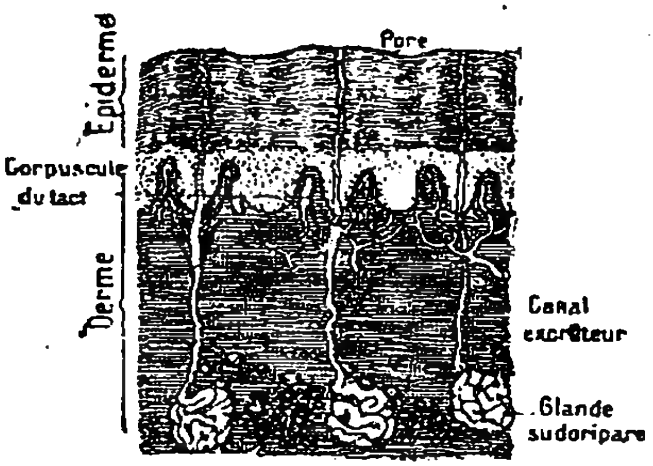


FIG. 18. — Coupe de la peau.

3. La peau n'est pas seulement un organe du toucher, un agent protecteur contre l'action irritante des contacts, c'est un organe important dans les sécrétions, la respiration et l'absorption. On remarque, en effet, à sa surface, des *orifices* ou *pores* (fig. 18) qui sont les ouvertures, soit des *glandes sudoripares*, qui sécrètent la sueur, soit d'autres glandes d'où s'échappent des matières grasses et huileuses (*glandes sébacées*).

6. Glandes — Les glandes sont des organes, généralement de petites dimensions, qui sécrètent des liquides particuliers, et qui les laissent échapper par les ouvertures dont elles sont munies. Telles sont : les glandes *lacrymales* qui sécrètent les larmes ; les glandes *sudoripares* qui laissent échapper la sueur ; les glandes *salivaires* pour la salive; le *pancréas* qui déverse dans l'intestin grêle le suc pancréatique; le *foie* qui sécrète la bile, les reins qui sécrètent l'urine.

7. Les sécrétions. — 1. L'élimination des matières usées par l'organisme est une nécessité vitale.

Les principaux appareils d'*épuration* et d'*excrétion* sont :

1° Les *poumons* qui rejettent au dehors de l'acide carbonique et de la vapeur d'eau;

2° Le *foie* qui élimine la bile;

3° Les *reins* et la *peau* dont le rôle spécial est de

débarrasser le sang des produits azotés, urée, acide urique, qu'il charrie, sous la forme d'*urine* et de *sueur*.

2. **L'urine.** — L'urine est sécrétée par les *reins*.

Appelés rognons chez les animaux, les reins sont deux glandes semblable à de gros haricots placées dans la région lombaire de chaque côté de la colonne vertébrale. Ils ont, chez l'homme, de 10 à 15 centimètres de longueur. Si l'on coupe un rein longitudinalement, on remarque qu'il paraît formé d'une cavité appelée *bassinet* et d'une enveloppe massive composée de tubes très fins groupés en faisceaux pyramidaux qui déversent dans le bassinet l'*urine* extraite du sang. L'*artère rénale* se ramifie dans le rein et se continue par la *veine rénale* qui conduit le sang débarrassé d'urine dans la veine cave inférieure.

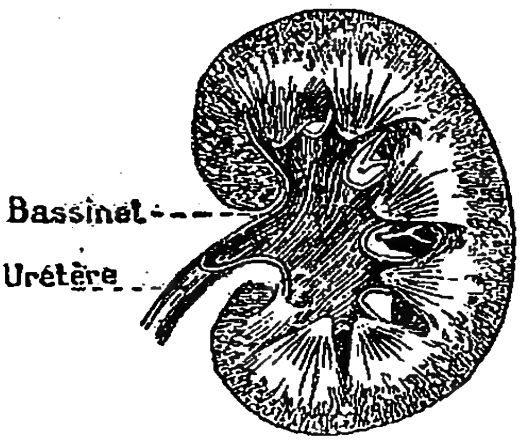


Fig. 19. — Rein (coupe).

Du bassinet part un canal, l'uretère, qui mène l'urine à une poche, la *vessie*, où le liquide s'amasse goutte à goutte jusqu'à son expulsion.

Les matières azotées contenues dans l'urine se manifestent par l'odeur ammoniacale qui se dégage de l'urine en fermentation.

La sécrétion des reins qui débarrasse le sang de ces matières est indispensable. Si elle cessait de se faire suffisamment, ce serait l'empoisonnement et la mort. Aussi convient-il de maintenir les reins dans un parfait état de fonctionnement.

3. **La sueur.** — La sueur est sécrétée par les *glandes sudoripares*, placées dans l'épaisseur de la peau.

Ces glandes, très nombreuses, surtout à la paume de la main et à la plante du pied, sont formées chacune d'un tube enroulé sur lui-même en pelote, puis s'éloignent pour venir s'ouvrir à la surface de la peau afin de rejeter la sueur (fig. 19).

Chaque glande est enveloppée d'un réseau de vaisseaux sanguins.

La production de la sueur est plus abondante quand il fait chaud que lorsqu'il fait froid, quand on dépense une grande activité physique que lorsqu'on reste oisif.

L'évaporation de la sueur à la surface de la peau tend à ramener le corps toujours à la température normale.

La sécrétion de la sueur a un double objet : elle complète en quelque sorte les *fonctions urinaires* et elle régularise la *chaleur animale*.

La quantité de sueur expulsée peut atteindre de 1.200 à 1.500 grammes par jour, contenant environ 2 grammes d'acide urique.

Hygiène des organes du mouvement et de la peau. Soins à donner en cas d'accidents.

8. De l'hygiène. — L'hygiène est la recherche et l'application des moyens capables de maintenir le corps dans le meilleur état de fonctionnement possible. Une bonne hygiène assure une bonne santé. Et c'est un devoir pour l'homme de se garder en parfaite santé : un corps débile ou affaibli ne saurait répondre convenablement aux exigences imposées par l'existence.

9. Exercice. — Un des moyens les plus efficaces pour la conservation de la santé, c'est l'*exercice*. Un exercice modéré favorise le fonctionnement de tous les organes ; et, sous son influence, les muscles et les os acquièrent une plus grande souplesse et un plus sûr développement.

Le meilleur exercice est le jeu : le jeu au grand air ; il est surtout indispensable chez l'enfant, qui éprouve le besoin instinctif d'aller, de venir, de courir, de sauter.

Les personnes condamnées à un travail sédentaire devront en corriger les effets désastreux par la *gymnastique*, par une gymnastique bien entendue. Une bonne gymnastique comprend : la marche, la course, la natation, les sauts, etc., tous les mouvements capables de mettre en jeu l'ensemble de nos muscles. Il est sage de se procurer un petit traité de gymnastique facile et de s'y conformer.

10. Sommeil. — L'exercice appelle le repos ; un repos pro-

portionné à la perte des forces, et susceptible de les réparer; le repos nécessaire est le *sommeil*. Le sommeil est le seul repos du cerveau qui tout comme les autres organes a besoin d'une détente. La durée du sommeil varie suivant les âges, le tempérament, le sexe et les circonstances de travail. Elle est en moyenne : De 10 à 12 heures pour les jeunes enfants ; de 9 heures pour les enfants jusqu'à 10 ans ; de 8 heures pour les adolescents ; de 7 heures pour les adultes.

Le sommeil de la nuit est de beaucoup le plus réparateur : faire du jour la nuit et de la nuit le jour est un des plus grands manquements aux règles de l'hygiène.

11. Propreté. — C'est par les pores de la peau que s'échappe la sueur. Il est indispensable que cette fonction d'élimination s'effectue sans gêne.

On ne saurait donc prendre, pour la peau, trop de soins de *propreté ;* avec la propreté on peut lutter contre de fort mauvaises conditions hygiéniques.

Le bain frais, accompagné de frictions vigoureuses, est celui qui nettoie et tonifie le mieux la peau. Les ablutions partielles du matin et du soir sont aussi excellentes pour la santé.

12. Foulure. — Dans le cas où un exercice violent aurait froissé ou déchiré un ligament, c'est-à-dire occasionné une *foulure*, si la douleur n'est pas trop forte, on devra faire exécuter très modérément quelques mouvements à l'articulation, et frictionner en appuyant légèrement avec le pouce ; puis plonger le membre dans de l'eau froide ou lui appliquer des linges mouillés bien frais qu'on renouvellera fréquemment.

13. Luxation. — S'il y a *luxation*, c'est-à-dire si l'os est déboîté, ayez recours au médecin; en attendant son arrivée, faites comme pour la foulure, recouvrez l'articulation de compresses fraîches renouvelées souvent.

14. Fracture. — Le bris d'un os, ou *fracture*, est un accident plus grave que les deux précédents. Il sera possible de constater la fracture de l'os d'un membre, lorsque ce membre exécutera dans sa longueur des flexions qu'il ne pouvait exécuter normalement.

On portera le blessé sur un lit, et on recourra aussitôt au médecin qui seul peut savoir ce qu'il convient de faire.

Dans le cas de fracture des côtes, entourez la poitrine d'une serviette pliée en trois, de façon à former une large ceinture que vous fixerez très serrée avec des épingles.

RÉSUMÉ

1. Articulations. — Aux articulations, les os sont attachés entre eux par des ligaments.

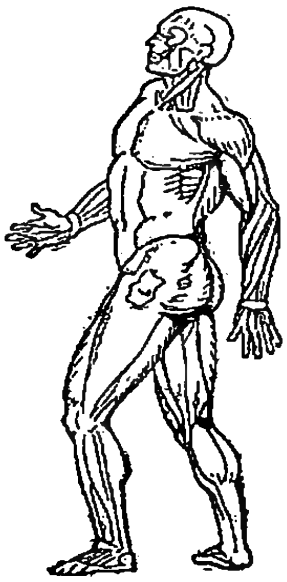


FIG. 20.

2. Ligaments. — 1. Les ligaments, dépourvus d'élasticité, offrent une grande résistance.

2. Une traction violente sur les ligaments peut amener une entorse, une luxation ou une fracture.

3. Muscles. — 1 à 4. Les muscles sont formés par la réunion de fibres rougeâtres et facilement séparables. D'ordinaire, ils sont fixés sur les os au moyen des *tendons*, formés, eux aussi, de fibres, mais beaucoup plus compacts et blancs. Les muscles ont la propriété de se contracter et de se détendre sous l'influence ou non de la volonté et de produire ainsi les mouvements que comporte l'organisme.

4. — 1 à 4. **Principaux muscles.** — Les principaux muscles sont, dans la **tête** : le *temporal*, le *frontal ;* dans le **tronc :** le *grand pectoral*, le *deltoïde*, les *intercostaux*, le *grand dorsal* ; dans les **membres supérieurs** : le *biceps*, le *rond pronateur*, les *extenseurs* et *fléchisseurs des doigts ;* dans les **membres inférieurs** : le *couturier*, le *triceps fémoral*, les *extenseurs* et *fléchisseurs* des orteils.

5. Peau. — 1-2-3. La peau recouvre les muscles ; elle est formée de deux couches : l'*épiderme* et le *derme* ; elle est percée de *pores* qui laissent échapper la sueur et les matières grasses.

6. Glandes — Les glandes sécrètent des liquides particuliers : larmes, sueur, salive, suc pancréatique, bile, urine.

7. Épuration et excrétion. — Les principaux appareils d'*épuration* et d'*excrétion* des matériaux usés par l'organisme sont : les *poumons*, le *foie*, les *reins* et la *peau*.

8. Urine : rein. — L'urine est sécrétée par les reins. Les reins sont placés dans la région lombaire. Chacun d'eux est formé d'une cavité, appelée *bassinet*, et d'une enveloppe massive composée de tubes déversant dans le bassinet l'urine enlevée du sang.

L'*artère rénale* se ramifie dans les reins et se continue par la *veine rénale* qui va tomber dans la veine cave inférieure.

L'*uretère* est un canal qui conduit l'urine du bassinet dans la veine.

L'odeur ammoniacale de l'urine en fermentation décèle la présence de matières azotées.

9. Sueur. — La sueur est sécrétée par les *glandes sudoripares*. Ces glandes sont formées d'un tube enroulé en pelote et ouvrant à la surface de la peau.

Un réseau de vaisseaux sanguins entoure chaque glande sudoripare.

La production de la sueur varie suivant la température et aussi suivant l'activité physique dépensée.

Un homme peut rejeter par jour de 1.200 à 1.500 grammes de sueur contenant environ 2 grammes d'acide urique.

Questionnaire.

1. Comment les os sont-ils reliés entre eux? — **2-1.** Qu'appelle-t-on ligaments ? — 2. Quels accidents peuvent se produire aux articulations ? — **3-1.** Qu'est-ce qu'un muscle? — 2. Un tendon ? — 3-4. Quelles sont les propriétés des muscles ? — **4-1.** Nommez les principaux muscles de la tête. — 2. Du tronc. — 3. Nommez les principaux muscles des membres supérieurs. — 4. Des membres inférieurs. — **5-1.** Qu'appelle-t-on muqueuse ? — 2. De quoi la peau est-elle composée ? — 3. Quelles sont les fonctions de la peau ? — **6.** Quelles sont les principales glandes du corps humain ? — Quels liquides sécrètent-elles ? — **7-1.** D'où vient la nécessité de l'élimination? — 2. Citez les principaux appareils d'épuration et d'excrétion. — **8-1.** Qu'est-ce qui sécrète l'urine ? — 2. Où sont situés les reins ? — 3. Quelle forme ont-ils? — 4. Comment un rein est-il composé ? — 5. Comment l'artère rénale se ramifie-t-elle et comment se continue-t-elle ? — 6. Qu'est-ce que l'uretère ? — 7. Comment les matières azotées manifestent-elles leur présence dans l'urine ? — **9-1.** Par quoi la sueur est-elle sécrétée ? — 2. Comment sont formées les glandes sudoripares ? — 3. De quoi sont-elles enveloppées ? — 4. La production de la sueur est-elle variable ? — 5. Quel est le double objet de la sécrétion de la sueur? — 6. Quelle quantité de sueur un homme peut-il produire par jour ?

RÉDACTION. — **Description de la peau. Utilité de chacune des parties qui la composent.**

CHAPITRE IV

NUTRITION

1. — Les différentes fonctions de la nutrition sont :

La *digestion.* | La *circulation.*
L'*absorption.* | La *respiration.*

DIGESTION

2. — 1. La digestion a pour but :

1° De *séparer la partie nutritive* des aliments de celle qui est inutile et qui doit être rejetée ; 2° de *transformer cette partie nutritive en un liquide* capable de traverser des membranes.

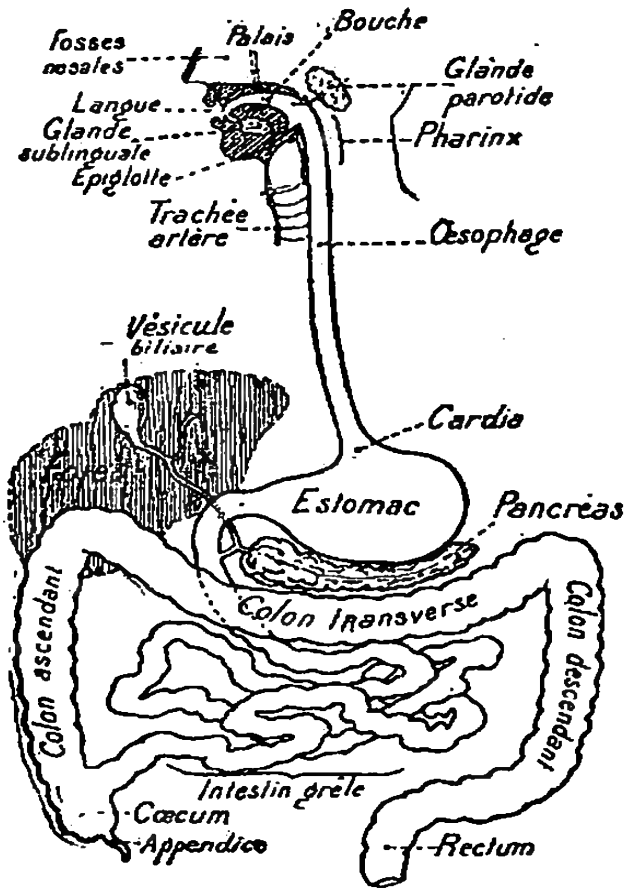


FIG. 21. — Schéma de l'appareil digestif.

2. La transformation des aliments s'opère dans l'*appareil digestif* (fig. 21).

Le canal digestif de l'homme comprend : la *bouche*, le *pharynx*, l'*œsophage*, l'*estomac*, l'*intestin grêle*, le *gros intestin*. Les organes dont les sécrétions vont puissamment aider à la digestion sont : les *glandes salivaires*, les *glandes de l'estomac*, le *foie*, le *pancréas* (fig. 21).

3. Les différents actes de la fonction de digestion sont :

La *mastication ;* l'*insalivation ;* la *déglutition.*
La *digestion stomacale ;* la *digestion intestinale.*

I. — MASTICATION. — INSALIVATION

3. Mastication. Dents. — 1. Les aliments, apportés dans la bouche, sont soumis à une trituration mécanique, à une division très complète, grâce aux dents.

Les *dents* sont des organes qui ressemblent beaucoup à des os ; elles sont solidement enchâssées dans les maxillaires, et formées d'*ivoire* recouvert d'*émail* dans la partie extérieure ou *couronne* et de *cément* sur la racine.

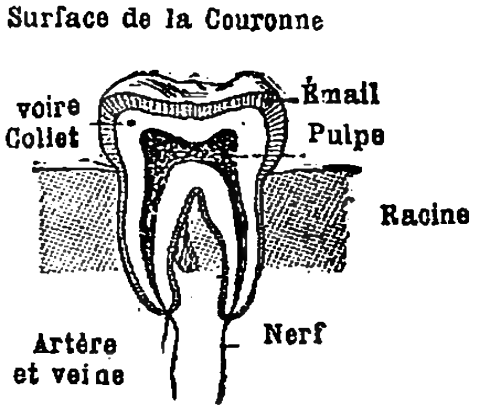


FIG. 22. — Coupe d'une molaire.

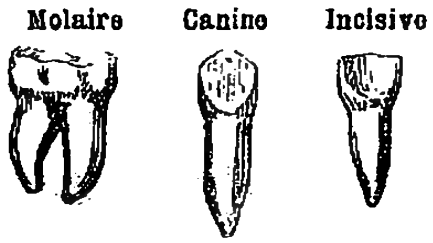


FIG. 23. — Forme des dents.

2. Elles reçoivent différents noms, suivant leurs formes et leurs fonctions : les *incisives*, terminées en forme d'un ciseau, servent à couper les aliments ; les *canines* sont pointues et peuvent déchirer ; enfin, les *molaires*, larges à leur partie supérieure, peuvent moudre, écraser, broyer les aliments (fig. 23).

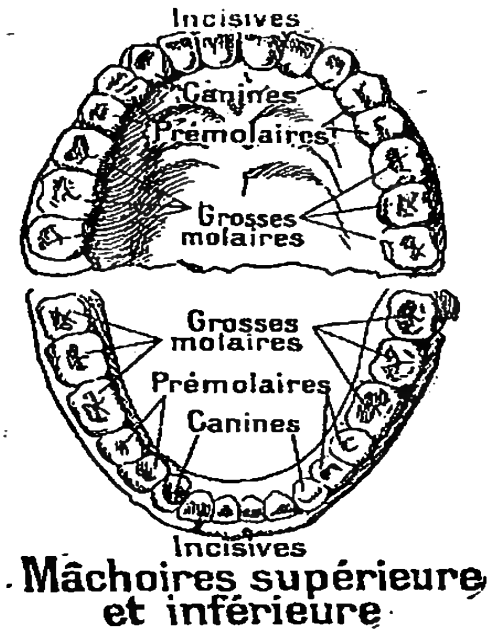


FIG. 24.

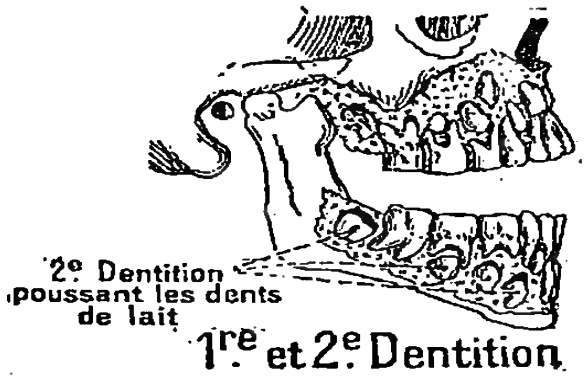


FIG. 25.

3. Jusqu'à l'âge de sept ans, l'homme ne possède que 20 dents; vers cet âge, toutes les dents tombent et sont,

au fur et à mesure, remplacées par d'autres, au nombre de 28 d'abord, puis enfin de 32. Cette fois, les dents perdues ne repoussent plus. La dentition complète comprend alors, à chaque mâchoire : 4 incisives en avant, 2 canines qui encadrent les incisives, puis 10 molaires (fig. 24).

4. Les dents, avons-nous dit, sont les organes de la mastication; elles sont mises en action par le mouvement de la mâchoire inférieure, qui, en s'abaissant et s'élevant, divise les aliments saisis entre les deux rangées de dents.

Glandes salivaires très grossies

Fig. 26.

5. La mastication est une opération très importante : car, si l'on mâche bien, les aliments seront broyés, l'action de la digestion sera rendue plus facile, les dissolutions étant d'autant plus rapides que les corps à dissoudre sont plus divisés.

4. Insalivation. — 1. En même temps que ce travail mécanique s'effectue, commence la première opération chimique de la digestion : *l'insalivation*

La *salive* est un liquide alcalin sécrété par les glandes salivaires, situées tout autour de la bouche, à l'intérieur (fig. 27) — telles que les glandes *parotides* derrière la mâchoire supérieure, sous l'oreille, les *sublinguales*, sous la langue. Elle se déverse dans la bouche et imbibe les aliments.

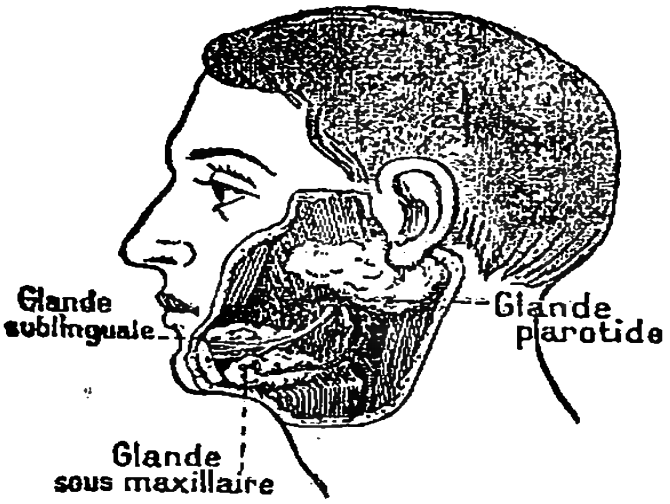


Fig. 27. — Glandes salivaires

2. L'action de ce liquide, qui contient 90 p. 100 d'eau, a pour premier effet de réduire en pâte les matières solides portées dans la bouche; la salive agit en outre, et c'est là que paraît

son action chimique, pour transformer en matière sucrée et assimilable les aliments *féculents* et *farineux*, au moyen d'un ferment qu'elle contient, la *ptyaline*. Or, ce sucre se dissout dans l'eau de la salive ; et au lieu du morceau de pain ou de pomme de terre mis dans la bouche, on retrouve de l'*eau sucrée* après l'action des dents et de la salive.

3. Les aliments, triturés par les dents, roulés par la langue, humectés par la salive, sont réunis en forme de boule, le *bol alimentaire*, sur la base de la langue ; de là ils sont envoyés dans le pharynx.

II. — DEGLUTITION

5. Déglutition. — 1. Le *pharynx* s'ouvre en arrière de la bouche ; c'est le vestibule des voies digestives et respiratoires. Il se prolonge par l'*œsophage*, (fig. 28), long tube qui s'étend du pharynx à l'estomac, traverse le thorax en longeant la colonne vertébrale et en passant entre les deux poumons, derrière le cœur.

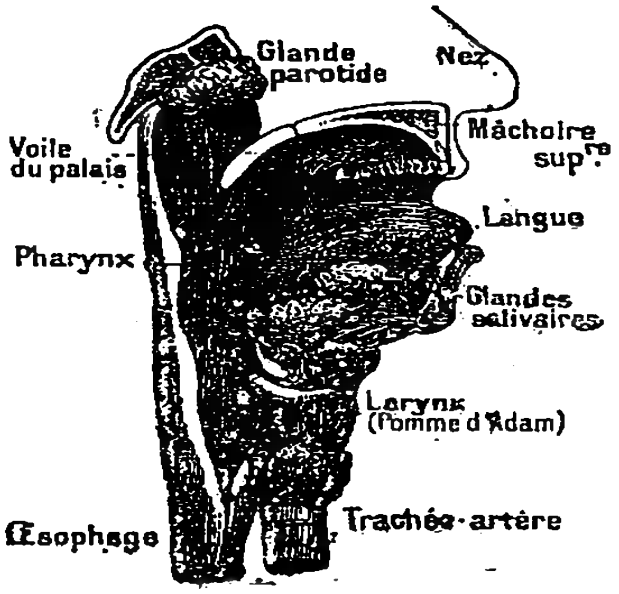
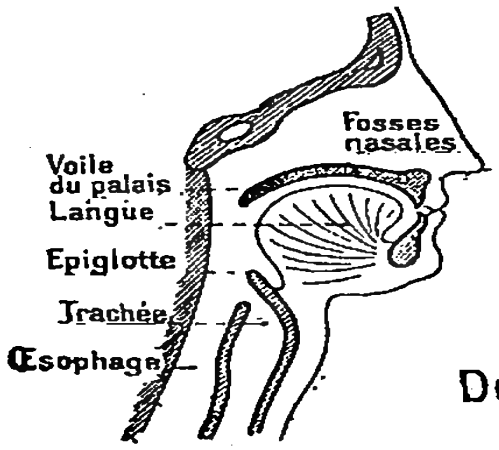


FIG. 28. — Déglutition.

2. Le passage du bol alimentaire de la bouche dans le pharynx est une opération compliquée, car dans le pharynx s'ouvrent trois voies : celle du nez, celle des poumons et celle de l'œsophage. Le bol alimentaire pousse une petite languette qui pend en arrière de la bouche : le *voile du palais*, le force à se relever et ferme ainsi les fosses nasales ; voici un premier obstacle évité. Dès que le bol va s'engager dans l'arrière-bouche, la langue se redresse en tirant sur son attache et fait abaisser une espèce de soupape, l'*épiglotte*, qui recouvre

le conduit des poumons. Cette contraction brusque de la langue jette dans l'œsophage l'aliment qui va y



Déglutition

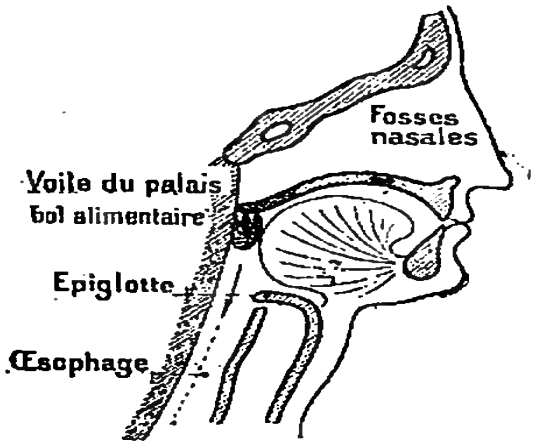


FIG. 29. — Figure théorique de la déglutition : position normale de la langue et de l'épiglotte : la trachée communique librement avec le pharynx.

FIG. 30. — Figure théorique de la déglutition : le voile du palais ferme les fosses nasales, l'épiglotte ferme la trachée-artère ; seule la voie de l'œsophage reste ouverte.

continuer sa route. Ce passage du bol alimentaire de la bouche dans l'estomac, à travers le pharynx et l'œsophage, est la *déglutition*.

RÉSUME

1. Les différentes fonctions de la nutrition sont : la *digestion*, l'*absorption*, la *circulation*, la *respiration*.

2. Digestion. — 1. La digestion a pour but de transformer la partie nutritive des aliments en matière assimilable et de rejeter la partie inutile.

2. L'appareil digestif comprend : la *bouche*, le *pharynx*, l'*œsophage*, l'*estomac*, les *intestins*.

3. Les différents actes de la digestion sont : la *mastication* l'*insalivation*, la *déglutition*, la *digestion stomacale*, la *digestion intestinale*.

3. Mastication. Dents. — 1-2. La mastication s'effectue avec les dents. Les dents sont formées d'ivoire, recouvert d'émail dans la partie qui sort de la mâchoire. Suivant leurs formes et leurs fonctions, elles sont dites *incisives*, *canines*, *molaires*.

3. La dentition n'est complète qu'à l'âge adulte ; elle comprend alors 32 dents.

4. Les dents sont mises en action par le mouvement de la mâchoire inférieure.

5. La mastication est une opération très importante.

4. **Insalivation.** — 1-2. L'insalivation est produite par la *salive*, sécrétée par les *glandes salivaires*. Sous l'action de la ptyaline, ferment contenu dans la salive, les féculents sont transformés en matière sucrée assimilable, en *glucose*.

3. Les aliments réunis en bol alimentaire sont alors envoyés dans l'estomac par l'œsophage.

5. **Déglutition.** — 1-2. La déglutition est le passage du *bol alimentaire* de la bouche dans l'œsophage.

Questionnaire.

1. Quelles sont les différentes fonctions de la nutrition? — 2-1. Quel est le double but de la digestion ? — 2. De quoi se compose le canal digestif ? — 3. Quels sont les différents actes de la fonction de digestion ? — 3-1. De quoi sont formées les dents ? — 2. Quelles sont les différentes espèces de dents ? — 3. Combien y en a-t-il de chaque espèce ? — 4. A quoi servent les dents ? — 5. Pourquoi faut-il mâcher les aliments ? — 4-1. Par quels organes la salive est-elle produite ? — 2. Quel rôle joue la salive dans la digestion ? — 3. Qu'appelle-t-on bol alimentaire ? — 5-1. Que savez-vous du pharynx ? — 2. Comment se fait la déglutition ?

Rédaction. — Histoire d'une bouchée de pain pendant son passage dans la bouche.

CHAPITRE V

NUTRITION (*suite*).

I. — ESTOMAC. — DIGESTION STOMACALE

Les aliments pénètrent dans l'estomac par une ouverture appelée *cardia*.

1. Estomac. — L'estomac est une poche en forme de cornemuse placée en travers de la partie supérieure de l'abdomen, et qui a environ 2 litres de capacité. Il est tapissé intérieurement de petits feuillets garnis de glandes nombreuses qui laissent échapper le *suc gastrique*.

FIG. 31.

2. Digestion stomacale. — Sous l'influence d'un principe actif, la *pepsine*, que contient le suc gastrique, les aliments albuminoïdes (viandes, blanc d'œuf, caséine, gluten, etc.), sont transformés en principes solubles, appelés *peptones*. Toute la partie liquéfiée des aliments, la seule utile à la nutrition, formée de matière sucrée faite par la salive, et de peptones, se présente alors sous forme d'une masse pulpeuse blanche, appelée *chyme*. Le chyme va sortir de l'estomac par le *pylore* pour pénétrer dans l'intestin grêle. Nous venons d'assister à la digestion stomacale.

II. — INTESTIN. — DIGESTION INTESTINALE

3. Intestin grêle. — 1. L'*intestin grêle* est un tube un peu plus gros que le pouce, à replis très nombreux, qui peut atteindre, chez l'homme, de 8 à 12 mètres de longueur. Sa surface extérieure est lisse, mais l'intérieur est tapissé de petites villosités sécrétant un liquide visqueux, le *suc intestinal*, qui complète l'action de la salive.

2. A la sortie de l'estomac, viennent déboucher dans l'intestin grêle deux conduits qui laissent couler, l'un la *bile*, l'autre le *suc pancréatique*, liquides sécrétés, le premier par le *foie*, le second par le *pancréas*.

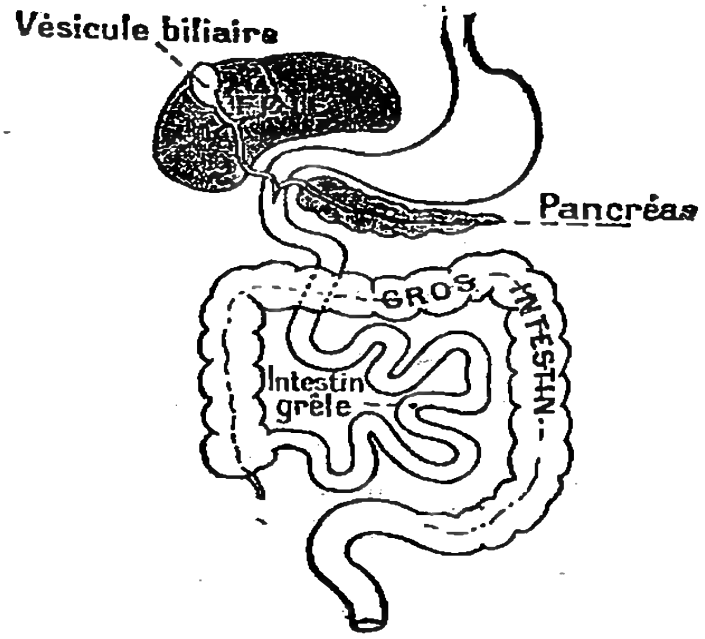


FIG. 32. — Organes de la digestion stomacale et intestinale.

4. Foie, Pancréas. — 1. Le foie est la glande la plus volumineuse du corps; il est placé à la partie supérieure de l'abdomen, un peu à droite, et ne dépasse pas les côtes. Le liquide qu'il sécrète, la *bile*, est d'un vert plus ou moins foncé et d'une amertume très prononcée.

2. Le pancréas est une glande à peu près semblable aux glandes salivaires; il sécrète le suc pancréatique, liquide limpide, visqueux et légèrement salé.

5. Digestion intestinale. — 1. Le chyme, en pénétrant dans l'intestin grêle, est soumis à l'action du suc *intestinal*, du *suc pancréatique* et de la *bile*.

2. Le suc intestinal transforme les matières sucrées non assimilables en une autre variété de suc assimilable.

Le suc pancréatique divise les matières grasses en particules extrêmement fines capables d'être absorbées par les membranes.

Le rôle de la bile et du foie dans la digestion intestinale est encore mal connu; la bile paraît agir sur les matières grasses. Le foie est un organe important : son fonctionnement régulier est nécessaire à la santé.

3. Ainsi donc, les différents sucs rencontrés dans le tube digestif ont digéré la fécule, les matières animales et les corps gras des aliments pour les transformer en *chyle*, liquide blanc éminemment nutritif.

Lorsque les aliments ont parcouru les deux tiers environ de l'intestin grêle, on n'y rencontre plus que le *chyle*, plus une matière pâteuse, résidu de la digestion, qui est expulsée au dehors à l'extrémité du *gros intestin*.

6. Gros intestin. — Le gros intestin, qui fait suite à l'intestin grêle, a environ $1^{m}50$ de longueur et de 5 à 6 centimètres de diamètre.

7. Péritoine.— L'abdomen est tapissé intérieurement par une membrane qui se replie afin d'envelopper tous les viscères qu'il contient : c'est le péritoine. La *péritonite* est une inflammation du péritoine qui peut être mortelle.

III. — ABSORPTION

8. Absorption. — 1. On nomme absorption, le passage du *chyle* de l'intestin grêle dans les appareils servant à la circulation du sang ; car les aliments n'auront d'utilité qu'autant qu'ils serviront à remplacer les débris usés de l'organisme général ou à compléter cet organisme même; et comme c'est le

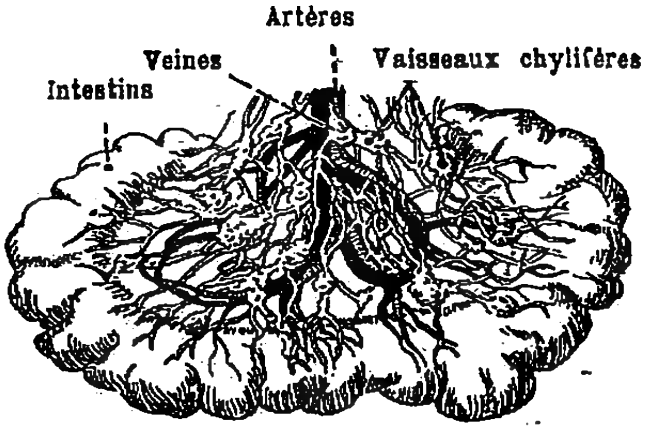


FIG. 33. — Absorption intestinale. Vaisseaux chylifères.

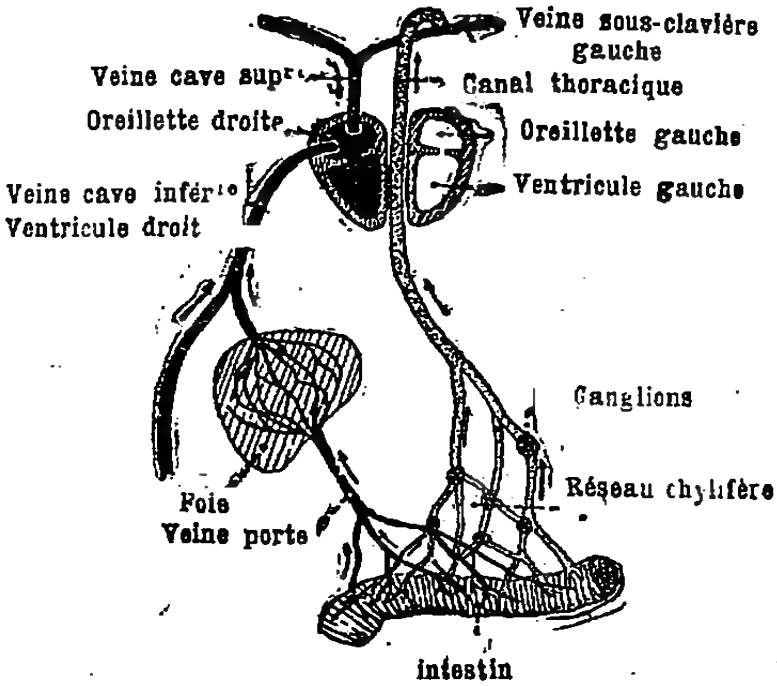


FIG. 34. — Figure théorique de l'absorption.

sang qui porte au loin les matériaux réparateurs, il faut les mettre à sa portée.

2. L'absorption du chyle se fait à travers la membrane de l'intestin grêle. La paroi de l'intestin est hérissée

d'espèces de petits boutons allongés (fig. 34), les villosités intestinales, au centre desquelles se trouve un corps spongieux, tapissé lui-même de petits vaisseaux, les uns sanguins, les autres lymphatiques, dits *vaisseaux chylifères*. Ces villosités font l'office de suçoirs ; elles absorbent le liquide nourricier, le *chyle*, et le déversent : d'une part dans les *vaisseaux sanguins* qui le conduisent au *foie*, puis du foie au *cœur* par la *veine cave inférieure*, et d'autre part dans les *vaisseaux chylifères* qui le conduisent également au cœur par le *canal thoracique* et la *veine cave supérieure*.

Ainsi donc, voici les aliments utiles absorbés ; du tube digestif, ils sont passés dans le sang.

Hygiène de la nutrition.

9. Règle générale. — Les règles à suivre pour obtenir une digestion régulière et facile sont en réalité peu nombreuses : il faut mâcher les aliments de façon à les broyer le plus possible ; faire usage d'une nourriture saine et sainement préparée; ne prendre que la quantité qu'il est possible de digérer; manger peu le soir, ne pas manger plus qu'à son appétit; se livrer à un exercice modéré après les repas, et ne pas se mettre au lit immédiatement après avoir mangé.

10. Mastication. — La *digestion* s'effectuera avec d'autant plus de facilité que la mastication aura été plus complète. Il faudra donc manger *lentement*, mâcher *abondamment*, et ne laisser passer dans l'œsophage que des aliments non en morceaux, mais triturés et mélangés à la salive.

Pour bien mâcher, il faut que les *dents* soient en bon état et, pour les y maintenir, il suffit de les brosser matin et soir, surtout le soir, avec la brosse à dents trempée dans de l'eau boriquée, avec un peu de savon et de poudre de charbon de bois. Il faut également éviter de faire passer, trop brusquement, les dents du chaud au froid, c'est-à-dire de boire immédiatement après avoir mangé quelque chose de très chaud.

11. Quantité et nature des aliments à absorber. — La quantité d'aliments utiles à absorber est difficile à apprécier exactement, car elle varie suivant l'âge, le sexe, le travail, la saison, le climat, etc., mais, d'une façon générale, elle doit être proportionnée à la dépense.

On a calculé que, en moyenne, l'alimentation utile d'un adulte ne devait pas s'éloigner par jour, de

400 grammes d'hydrates de carbone et 20 grammes d'azote,

éléments qu'on trouve réunis dans les quantités représentées par les chiffres ci-dessous :

		correspondant à :
Pain	1.000 gr.	121 gr. de matières azotées,
Viande non désossée.	300 —	420 — d'hydrates de carbone,
Légumes frais . . .	100 —	55 — de graisse (1).
— secs . . .	30 —	

auxquels doivent s'ajouter environ 2.000 grammes de liquide, soit 2 litres d'eau.

Il est ncéessaire de réunir des aliments animaux aux aliments végétaux, c'est-à-dire de manger de la viande et des légumes, pour rendre à l'organisme les éléments qu'il perd à tout instant. Mais cependant il existe de nombreuses personnes qui se nourrissent exclusivement de végétaux ; et même, comme valeur hygiénique, le régime animal semble moins propre que le régime végétal à satisfaire les besoins de la nutrition. Ainsi on constate que la force musculaire des Parisiens, qui, à eux seuls, consomment le quart de la production annuelle de la viande de boucherie en France, est inférieure à celle des habitants de la campagne, dont les légumes constituent la nourriture principale.

Un régime végétal, légèrement carné, est celui qui convient le mieux à l'espèce humaine.

12. Boissons. — Les boissons aident à la dissolution et à la division des aliments. La boisson par excellence est l'*eau potable*. Pour être potable, l'eau doit contenir de l'air, 2 à 3 millièmes de sels solubles, et être dépourvue de matières organiques. La meilleure boisson est l'eau de source ordinaire.

Les autres boissons habituelles sont *fermentées* ou *alcooliques*, comme le vin, la bière, le cidre.

En distillant les boissons fermentées, on obtient l'alcool.

Lorsque les boissons alcooliques sont étendues d'eau, loin d'être nuisibles, elles peuvent être un réel stimulant des fonctions cérébrales et des fonctions de nutrition ; mais, prises à fortes doses, elles ébranlent le système nerveux et provoquent l'ivresse. Dans cet état, la parole devient em-

(1) Ces chiffres sont ceux admis pour la ration d'entretien de l'armée ils sont cités par M. Aubert. Il faut remarquer qu'il y a beaucoup plus de matières azotées que d'azote, à cause des substances combinées.

barrassée, la marche incertaine ; l'intelligence est anéantie : l'homme perd la raison, il est au-dessous de la bête.

L'abus répété des boissons alcooliques amène fatalement l'*alcoolisme* qui provoque tous les troubles digestifs, l'atrophie du foie, le tremblement des membres et la folie. C'est à l'alcoolisme que l'on peut attribuer en majeure partie le nombre croissant des aliénés qui, en France, depuis 50 ans, est devenu 8 fois plus grand.

13. Hygiène. — On doit éviter de prendre des boissons froides lorsque le corps est en sueur, sous peine de provoquer des accidents intestinaux et pulmonaires, souvent très graves.

Premiers soins à donner en cas d'accidents.

14. Empoisonnements. — Dans le cas où des matières toxiques, ou poisons, se trouvent mélangées aux aliments, des désordres souvent mortels se produisent dans l'organisme. Ils s'annoncent ordinairement par un malaise subit, de violentes coliques, des nausées et des vomissements. Il est urgent de se renseigner sur la nature des aliments absorbés : champignons, moules, etc., ou sur la substance des ustensiles dans lesquels ont cuit les aliments : cuivre, plomb, poterie, etc. Une fois le toxique trouvé, on agit comme il suit :

Dans tous les cas, provoquer des vomissements le plus vite possible en chatouillant le fond de la gorge avec une plume d'oiseau. Faire prendre ensuite un liquide formé de 6 blancs d'œufs battus et versés dans un litre d'eau (eau albumineuse). A défauts d'œufs, faire bouillir du lait.

Si le toxique est absorbé depuis assez longtemps pour que les vomitifs n'aient plus d'action, il faudra avoir recours aux purgatifs. A défaut de purgatifs habituels, on fera dissoudre 2 cuillerées de sel de cuisine par 1/2 litre d'eau, qu'on fera absorber par la bouche et en lavement.

Contrepoisons.

Champignons, belladone, digitale.

Émétique ou ipécacuanha, ou chatouillement de la gorge ;
2° Huile de ricin, ou eau salée, ou lait ;
3 Café noir, vin chaud.

Laudanum.

1° Émétique ou ipécacuanha, ou chatouillement de la gorge ;

2° Café noir, ou eau vinaigrée (3 cuillerées par litre) ;
3° Limonade au citron ; empêcher le sommeil.

Plomb, chlore, acide sulfurique, sel d'oseille.

1° Émétique, ou ipécacuanha, chatouillement de la gorge ;
2° Eau albumineuse ;
3° Eau de savon (15 grammes pour 2 litres d'eau) ; lait ;
4° Sel de cuisine en boisson ou en lavement.

Ammoniaque, moules, coloquinte.

1° Eau tiède en abondance, chatouiller la gorge ;
2° Eau vinaigrée ;
3° Eau albumineuse, ou lait ;
4° Éther sur du sucre, ou vin chaud.

Phosphore.

1° Chatouiller la gorge ;
2° Eau albumineuse ;
3° Magnésie calcinée.

RÉSUMÉ

1. Estomac. — La digestion stomacale s'effectue dans l'*estomac*, sorte de cornemuse de 2 litres de capacité.

2. Digestion stomacale. — Grâce au *suc gastrique*, les matières animales sont dissoutes. La masse alimentaire prend alors le nom de *chyme*.

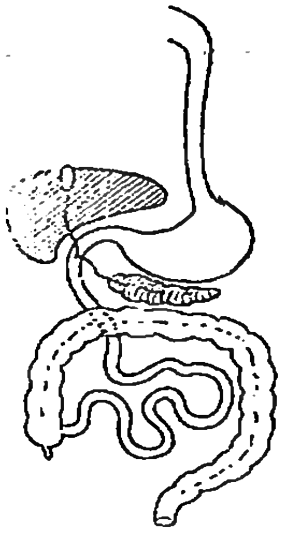


FIG. 35.

3-1. Intestin grêle. — L'intestin grêle est un tube de 8 à 12 mètres de long, tapissé de villosités ; il sécrète le suc intestinal. — 2. L'intestin grêle reçoit la bile et le suc pancréatique.

4-1. — La bile est sécrétée par le foie. — 2. Le suc pancréatique est sécrété par le pancréas.

5. Digestion intestinale. — 1-3. La digestion intestinale s'effectue dans l'intestin grêle, grâce à l'action du suc intestinal, du *suc pancréatique* et de la *bile*. Sous l'action de ces trois liquides, la digestion s'achève, et, la partie assimilable au chyme, sous la forme d'un liquide blanc appelé *chyle*, se sépare de l'autre partie formée des résidus de la digestion qui sont poussés au dehors.

6. Absorption. — 1-2. Le *chyle* est absorbé à travers la membrane de l'intestin grêle par les vaisseaux chylifères, qui appartiennent à l'appareil circulatoire, et est ainsi déversé dans le sang.

6-7. — Le gros intestin fait suite à l'intestin grêle. Les intestins, ainsi que les viscères abdominaux, sont enveloppés par le *péritoine*.

Questionnaire.

1. Décrivez l'estomac. — Quel suc agit dans la digestion stomacale ? — **2.** Sur quels aliments ce suc agit-il ? — Qu'est-ce que le chyme ? — **3-1.** Que savez-vous de l'intestin ? grêle ? du gros intestin ? du péritoine ? — 2. Quels liquides se déversent dans l'intestin grêle ? — **4-1.** Parlez du foie. — 2. Du pancréas. — **5-1.** Quelle est l'action du suc intestinal, du suc pancréatique ? — 2. De la bile ? — 3. Qu'est-ce que le chyle ? — **6-1.** En quoi consiste l'absorption ? — 2. Où se fait-elle ? — **7.** Quelle condition demande la digestion pour être bonne ? — Comment doit-on mâcher les aliments ? — **8.** Quels soins réclament les dents ? — **9.** Quelles sortes d'aliments convient-il d'absorber ? — **10.** En quelle quantité ? — **11.** Quelle est la meilleure des boissons ? — **12.** Que penser des boissons alcooliques ? — **13.** Que faut-il éviter quand on est en sueur ? — **14.** Quelles sont les règles qu'il faut suivre pour s'assurer une bonne digestion ?

Rédaction. — L'estomac : ses fonctions dans les phénomènes de la digestion. Hygiène le concernant.

CHAPITRE VI

CIRCULATION

1. Circulation. — 1. Puisque c'est le sang qui doit distribuer à toutes les parties du corps les matériaux nécessaires à la nutrition et qu'il doit ramener les résidus inutiles, il ne peut rester immobile ; il doit se mouvoir, circuler dans tout le corps : c'est à ce mouvement du sang, pour ainsi dire circulaire, qu'on a donné le nom de *circulation*.

2. Le transport du sang aux organes s'effectue dans des canaux nommés tantôt *artères*, tantôt *veines ;* l'organe qui met le sang en mouvement, c'est le *cœur*.

I. — SANG

2. Sang. — 1. Le *sang* est un liquide rouge, légèrement salé, qui remplit tout l'appareil de la circulation.

En examinant une goutte de sang au microscope, on y découvre une partie liquide, incolore, le *plasma*, et une partie solide composée de *globules blancs* et de *globules rouges* flottant dans le plasma.

Abandonné à l'air, dans un vase, le sang se sépare en deux parties : l'une solide, rouge, tombant au fond du vase, le *caillot*, l'autre liquide, d'une couleur jaunâtre, le *sérum*.

Le *caillot* est formé de la fibrine du sang qui s'est coagulée au contact de l'air, emprisonnant dans ses mailles les globules.

Le *sérum* est le plasma privé de la fibrine.

Les *globules blanc* ou *leucocytes*, ou *phagocytes*, anéantissent les bactéries dangereuses qui pénètrent dans le sang et empêchent d'autre part le sang de se corrompre.

Les globules rouges, beaucoup plus nombreux que les autres, doivent leur coloration à une substance, l'*hémoglobine*, qui a pour propriété de fixer l'oxygène de l'air, afin de le céder ensuite aux tissus à travers lesquels le sang circule.

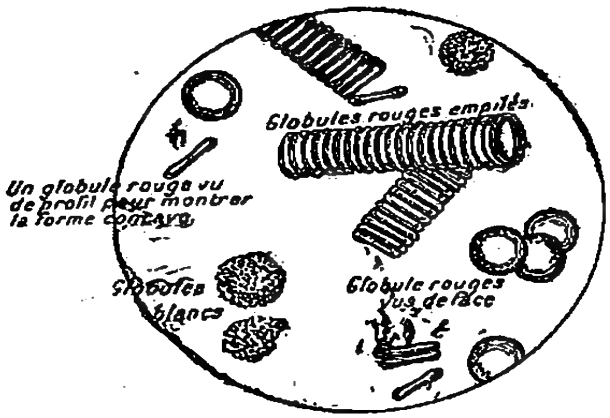


Fig. 36. — Goutte de sang vue au microscope.

2. Les globules du sang, toujours de même forme chez les animaux de même espèce, varient de forme d'une espèce à une autre. Chez l'homme, ils sont circulaires et biconcaves, disposition qui leur permet de s'empiler les uns sur les autres (fig. 36). Le nombre des globules est considérable : on en compte 5 à 6 millions par millimètre cube, c'est-à-dire par goutte de sang ; et l'homme possède 5 à 6 litres de sang !

3. Le *plasma* renferme une grande quantité d'eau (78 %), il tient en dissolution de l'albumine, de la fibrine, des sels, comme le phosphate de chaux, du chlorure de sodium ; on y rencontre, en outre, avec les principes

digérés des aliments, tels que les *peptones*, les *glucoses*, les *graisses*, les éléments qui proviennent de la décomposition des tissus : acide carbonique, urée, acide urique, qui doivent être éliminés par les poumons, la peau ou les reins. C'est encore le plasma qui transporte, dans les cas de maladie, les organismes microscopiques tirés de l'air et qui donnent au sang ses propriétés si toxiques, comme dans la maladie du charbon, du choléra, etc.

II. — APPAREIL CIRCULATOIRE

3. Cœur. — 1. Le cœur est un muscle creux, de la grosseur du poing. Il est situé dans le thorax, entre les poumons (fig. 37), et son extrémité inférieure est dirigée un peu obliquement à gauche et en avant.

2. Une cloison verticale, et sans ouverture, le divise intérieurement en deux parties : le *cœur droit* ou *veineux*, et le *cœur gauche* ou *artériel ;* chacun de ces cœurs est à son tour divisé en deux cavités par une cloison transversale munie d'un orifice à soupape membraneuse.

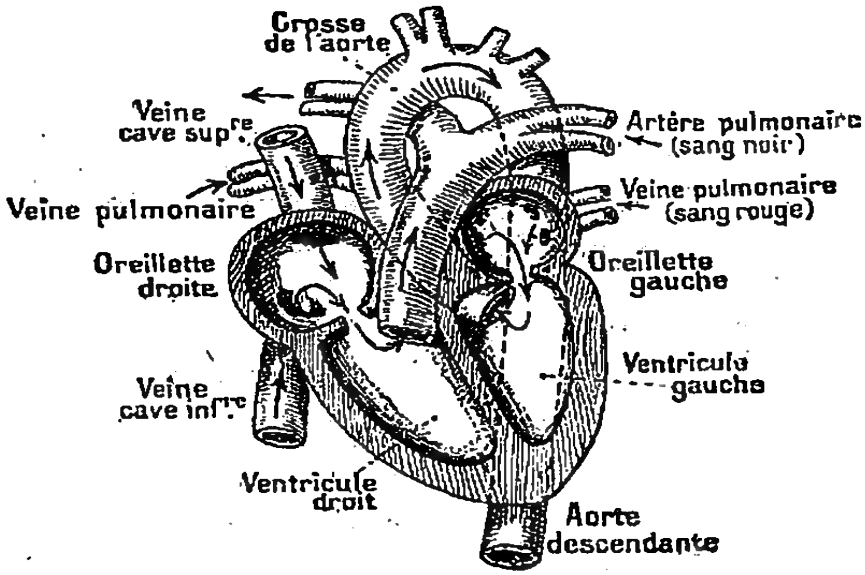
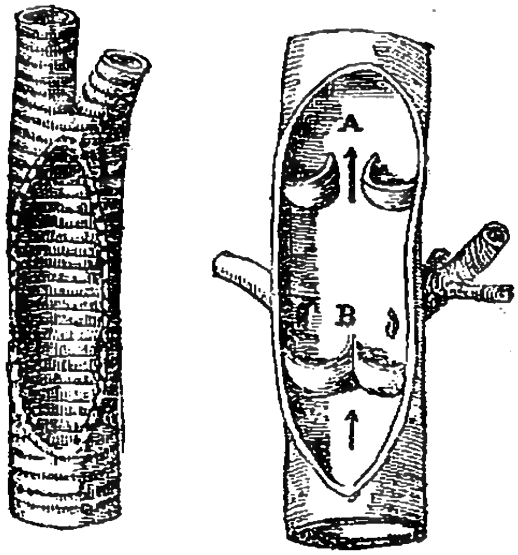


Fig. 37. — Cœur (coupe).

3. Les deux cavités supérieures s'appellent les *oreillettes ;* les cavités inférieures prennent le nom de *ventricules* (fig. 37). Chaque oreillette communique avec son ventricule ; mais les deux oreillettes ne communiquent pas entre elles ; les deux ventricules sont également séparés l'un de l'autre.

4. Comme tous les muscles, le cœur est capable de se contracter et de se dilater.

4. **Vaisseaux sanguins.** — Les *artères* et les *veines* sont des vaisseaux qui se ramifient à mesure qu'ils sont plus éloignés du cœur. Leurs ramifications sont si nombreuses, lorsqu'elles arrivent à la peau, qu'elles



Artère. Veine.

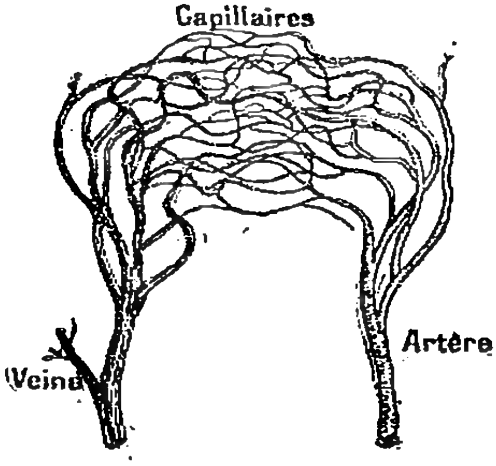


Fig. 39. — Vaisseaux capillaires.

Fig. 38. — Coupe montrant la structure des artères et des veines. A. Valvules ouvertes pour laisser passage au sang. — B. Valvules fermées s'opposant au retour du sang en arrière.

la tapissent complètement sur sa surface intérieure; elles sont alors si fines qu'on les compare, comme diamètre, à des cheveux et qu'on les désigne sous le nom de *vaisseaux capillaires*.

5. **Artères** — 1. Les artères ont des parois épaisses et assez résistantes, tandis que les veines sont à parois minces, flasques et élastiques. Aussi une blessure faite à une artère est-elle plus dangereuse que si elle était faite à une veine de même diamètre; car, tandis que l'artère reste béante, et ne s'oppose pas à la perte du sang, la veine, dont les parois s'affaissent après la coupure, peut cicatriser plus facilement sa plaie.

2. Toutes les artères du corps naissent de deux troncs principaux : l'*artère pulmonaire* et l'*artère aorte*. Elles partent des ventricules.

3. L'artère pulmonaire part du ventricule droit et se prolonge dans les poumons.

4. L'artère aorte sort du ventricule gauche, décrit à

sa sortie du cœur une courbe en forme de crosse, descend le long de la colonne vertébrale et, vers le milieu de la région lombaire, se bifurque en deux tronçons, les *artères iliaques*, qui portent le sang aux membres

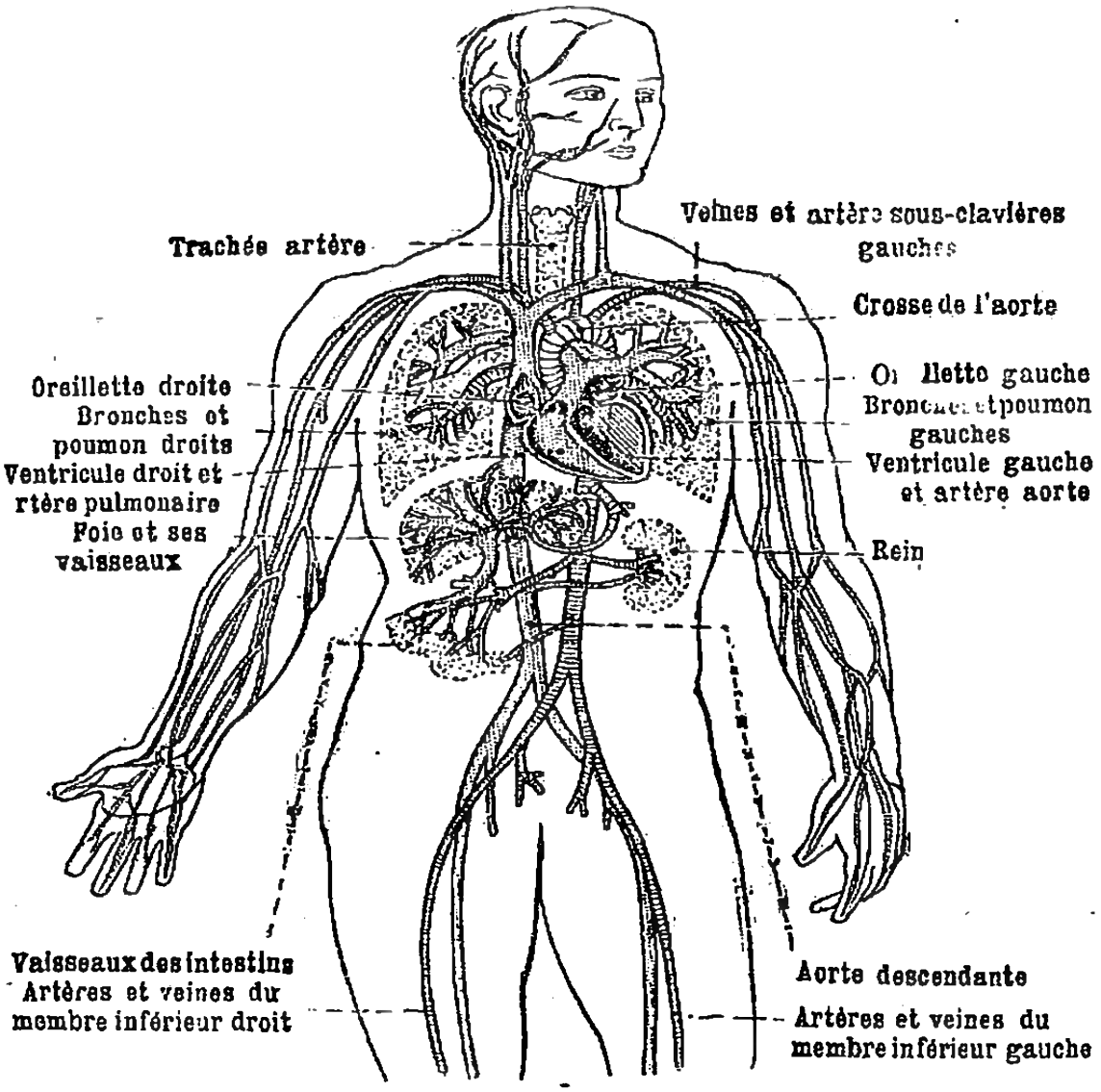


FIG. 40. — Représentation théorique de l'appareil circulatoire. (Les *artères* sont marquées par des petites lignes horizontales, les *veines* par un pointillé gris.)

inférieurs. Les artères des membres supérieurs : *artères sous-clavières ;* celles de la tête, *artères carotides*, partent de la crosse de l'aorte.

6. Veines. — 1. Les veines suivent à peu près le même trajet que les artères, mais elles sont plus nombreuses, et en général situées plus superficiellement. Elles débouchent dans les oreillettes.

2. Les principales veines sont : les *veines pulmonaires* qui, venant des poumons, débouchent dans l'oreillette gauche ; la *veine cave supérieure*, qui reçoit les veines ramenant le sang de la tête et des membres supérieurs ; la *veine cave inférieure*, qui réunit le sang qui a circulé dans les membres inférieurs et qui reçoit de la *veine porte* le chyle provenant de la digestion : ces deux grosses veines caves se déversent dans l'oreillette droite.

7. **Capillaires.** — Les vaisseaux capillaires sont les prolongements, infiniment ramifiés, des veines et des artères ; ils forment des réseaux à mailles si serrées qu'une piqûre d'aiguille suffit pour en ouvrir plusieurs.

8. **Fonctions du sang.** — Tout le long de son parcours dans les artères, mais principalement dans les vaisseaux capillaires, le sang accomplit sa double fonction de *nutrition* et de *combustion :* 1° il cède aux cellules avec lesquelles il est en contact les matériaux nutritifs qu'il transporte ; 2° il fournit aux matières usées de l'organisme, qu'il reprend, l'oxygène nécessaire à leur combustion.

De sang *oxygéné*, rouge, vif et riche d'éléments de vie qu'il était, il devient du sang trouble, noir, chargé entre autres choses des produits de la combustion : *acide carbonique* et *vapeur d'eau*. Le premier coule dans les artères, c'est le sang *artériel ;* l'autre coule dans les veines, c'est le sang *veineux*.

III. — MÉCANISME DE LA CIRCULATION

9. **Circulation double.** — Chez l'homme, et d'ailleurs chez tous les mammifères, la circulation du sang est *double ;* l'une qui porte le sang aux appareils respiratoires, la *petite circulation ;* l'autre qui se fait dans toutes les autres parties du corps, la *grande circulation*.

10. **Petite circulation.** — 1. Le sang veineux, qui arrive à l'oreillette droite par les veines caves inférieure et supérieure, est poussé dans le ventricule droit qui

le chasse dans l'artère pulmonaire (la seule artère qui contienne du sang veineux), et se rend aux poumons (fig. 41).

2. En traversant les poumons, le sang veineux se revivifie au contact de l'air, change d'aspect et de propriétés, devient rouge vif et actif ; il est pris par les veines pulmonaires (les seules veines qui contiennent du sang rouge), et entre dans le cœur par l'oreillette gauche. La petite circulation est ainsi achevée : le sang noir est allé se revivifier aux poumons, il revient pur au cœur.

11. Grande circulation. — 1. Le sang purifié, amené

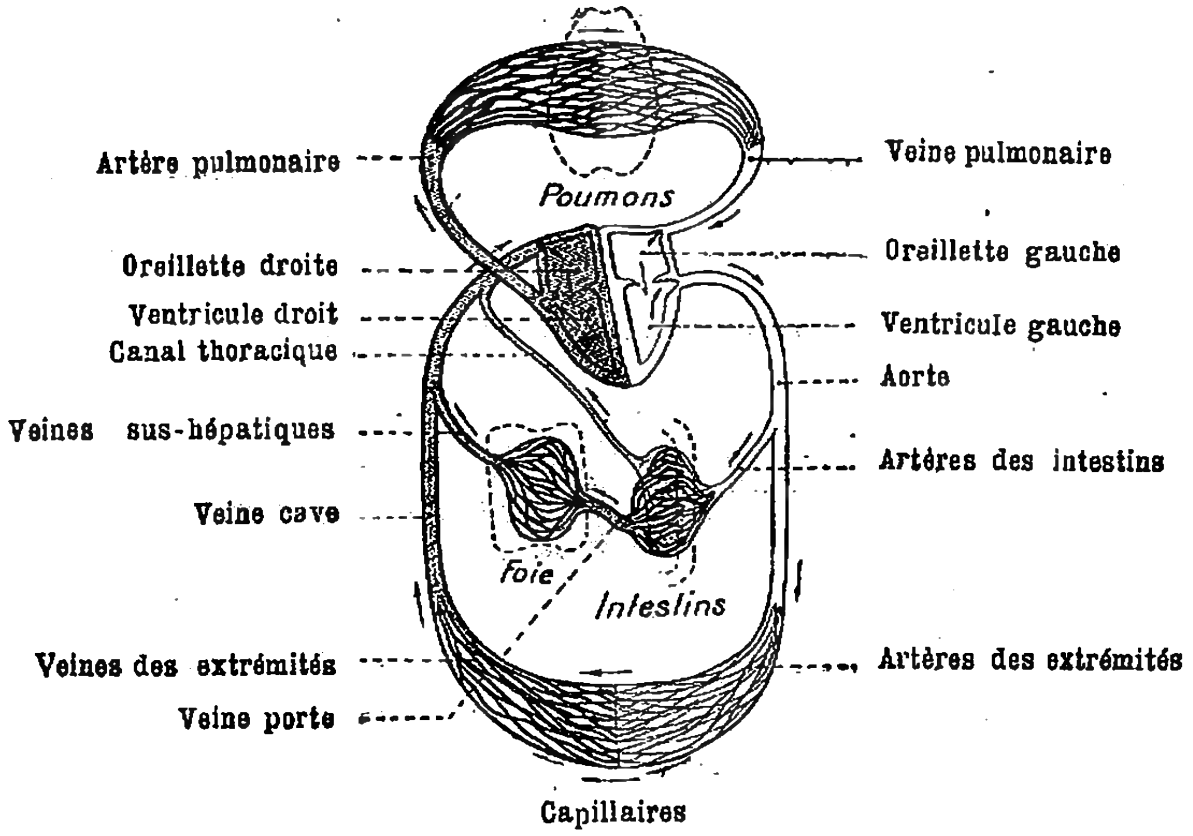


FIG. 41. — Figure théorique du mécanisme de la circulation.

par les veines pulmonaires dans l'oreillette gauche, passe dans le ventricule correspondant. Les contractions du ventricule gauche poussent le sang dans l'aorte qui le distribue dans toutes ses ramifications, jusque dans les vaisseaux capillaires ; il revient au cœur considérablement appauvri, ramené par les veines qui le déversent dans l'oreillette droite ; et il recommence son double circuit.

3. Le temps pendant lequel s'effectue la circulation complète est à peine de 30 secondes

12 Pouls. — 1. Nous avons vu que, dans la grande circulation, le sang pur part du cœur dans les artères; qu'il y est envoyé par les contractions du cœur, par ses pulsations ; alors, lorsqu'on place le doigt sur une artère superficielle, au poignet, par exemple, on perçoit un battement saccadé qui constitue le *pouls*. Ce pouls correspond aux poussées successives que le cœur imprime au sang.

2. On ne peut pas percevoir de pulsations sur une veine ; car le mouvement du sang se ralentit en passant dans les capillaires, par suite et de la division et des frottements considérables qu'il éprouve dans ces petits conduits ; de sorte qu'au retour, par les veines, nous n'avons plus qu'un courant régulier sans saccades.

3. Le pouls peut encore se sentir aux artères superficielles du front, du cou, de l'aine, du pied ; et, normalement, chaque pulsation doit se répéter régulièrement environ une fois par seconde.

Hygiène de la circulation.

PREMIERS SOINS A DONNER

13. Congestions cérébrales. — Une congestion cérébrale a pour cause un excès de sang, qui, pour une raison quelconque, ne peut plus circuler dans les vaisseaux sanguins du cerveau. Ceux-ci prennent alors une tension et un gonflement démesurés. La congestion peut être déterminée par une émotion violente, une tension d'esprit trop prolongée, une digestion trop laborieuse, etc.

La personne atteinte de congestion chancelle, perd connaissance et tombe ; sa face, d'abord pâle, devient bientôt fortement colorée.

Il importe d'essayer de rétablir rapidement la circulation arrêtée : couchez le malade à l'*air libre*, la tête assez haute et nue, et appliquez sur le front ainsi que sur toute la tête les corps froids que vous avez à portée, de l'eau, par exemple, renouvelée souvent. Débarrassez-le au plus vite des vêtements qui le serrent; surtout que le cou soit libre.

Frictionnez très énergiquement les jambes du malade avec une étoffe rude, si possible imbibée de vinaigre. Vous donnerez ainsi au médecin le temps d'arriver.

14. Hémorragies. — Une hémorragie est une perte de sang. La plus fréquente est le saignement de nez ; elle n'est pas grave si elle ne se prolonge pas.

On emploie avec raison l'eau fraîche pour faire cesser cette hémorragie.

Si elle ne cesse pas, on devra appeler le sang vers les extrémités inférieures en chauffant les jambes et les pieds.

15. Contusion. — Une contusion est le produit d'un choc violent sur le corps. Sous l'action du choc, les vaisseaux sanguins qui tapissent la peau ont été meurtris, déchirés même : ils ont laissé échapper le sang qu'ils contenaient ; celui-ci s'est répandu et laisse voir une plaque bleuâtre désignée vulgairement sous le nom de **bleu**.

Il suffira le plus souvent d'employer l'eau fraîche. Sur la partie enflée, on pressera légèrement avec une pièce de monnaie. Cette légère pression chassera le sang et le forcera à s'étendre sur une plus grande surface, où il pourra plus sûrement être absorbé par les capillaires non blessés.

Si la contusion est compliquée d'une plaie, d'un déchirement de la peau, l'eau fraîche, mais bouillie, sera encore employée avec succès ; mais là nous devons nous efforcer de débarrasser la plaie, avec un linge mouillé, de tous les corps étrangers, terre, sable, débris de vêtements qui pourraient la souiller. N'employer que de l'eau bouillie et ensuite faire un pansement avec des matériaux antiseptiques (ouate hydrophile, mousseline iodoformée, salolée, etc., etc.).

D'une façon générale, pour toutes les blessures qui mettent à nu le derme, il faut faire des pansements tels que l'air ne puisse pas les atteindre.

16. Coupure. — On doit immédiatement chercher à arrêter l'hémorragie. Les corps froids sont les plus efficaces ; employez abondamment l'eau bouillie froide. Il faut en outre empêcher le sang qui vient du cœur d'arriver jusqu'à la plaie ; on devra donc faire une compression autour du membre, soit avec un mouchoir ou une ceinture, en un endroit compris entre la blessure et le cœur. Rapprochez le plus possible les bords de l'entaille.

17. Blessures par les armes à feu. — Plombs. — Dans le cas où le coup a été tiré de très près, il a fait balle, les

plombs sont entrés profondément, et, s'ils ont atteint quelque organe essentiel, la tête, la poitrine, l'abdomen, vous n'avez malheureusement guère à intervenir, appelez au plus vite le médecin.

Si, au contraire, le coup vient de loin, les plaies sont plus nombreuses, il est vrai, mais moins profondes.

Débarrassez les plaies des débris de vêtements entraînés, enlevez les plombs qui sont à portée de vos doigts, mais n'insistez pas pour les autres, vous ne parviendrez qu'à les enfoncer plus profondément. Lavez à grande eau stérilisée, et maintenez fraîches les parties atteintes. Le plus souvent ces blessures présenteront peu de gravité : on peut fort bien vivre avec quelques grains de plomb dans les chairs.

18. Brûlure. — *Si la brûlure n'a pas formé plaie*, plongez la partie brûlée dans l'eau fraîche ou appliquez des compresses froides, de la neige, de la glace.

Si la brûlure a enlevé la peau, appliquez du beurre, du blanc d'œuf, de l'huile, et recouvrez d'ouate que vous comprimerez légèrement avec une bande de linge, le tout stérilisé à l'étuve.

Le mode de pansement qui paraît être le meilleur consiste à humecter largement la brûlure avec une solution saturée d'acide picrique du commerce. On panse ensuite avec des compresses imbibées de la même solution, et on enveloppe d'ouate, *mais il ne faut pas recouvrir l'ouate de gaze imperméable.*

19. Rage. — Lorsqu'une morsure a été faite par un animal : chien, chat ou autre, soupçonné d'être atteint de la rage :

Faites abondamment saigner la plaie en appliquant une ventouse ; puis, entre la blessure et le cœur, faites une forte ligature avec une ceinture ou un mouchoir, et appelez immédiatement le médecin.

20. Piqûres d'insectes. — Les piqûres d'insectes sont généralement peu graves, sauf dans le cas où l'insecte, avant de piquer, s'est repu du sang d'un animal mort du charbon.

Dans le cas d'une piqûre de guêpe, d'abeille, etc., enlevez, s'il est visible, l'aiguillon de l'insecte avec la pointe d'une aiguille stérilisée par le flambage, frictionnez la plaie avec un mélange de quelques gouttes d'ammoniaque dans deux cuillerées d'alcool ; maintenez frais avec de l'eau ou des compresses.

Si la piqûre est charbonneuse, elle prendra bientôt un aspect inquiétant, faire immédiatement appeler un médecin.

RÉSUMÉ

1. Circulation. — Le sang circule dans les *artères* et dans les *veines ;* il est mis en mouvement par le *cœur.*

2. Sang. — Le sang est formé de *plasma* dans lequel nagent les *globules rouges* et *blancs.*

3. Appareil circulatoire. Cœur. — Le cœur est un muscle présentant quatre cavités : *deux oreillettes* et *deux ventricules.* Il se divise intérieurement en deux parties : le *cœur droit* ou *veineux* et le *cœur gauche* ou *artériel,* qui ne communiquent pas entre eux.

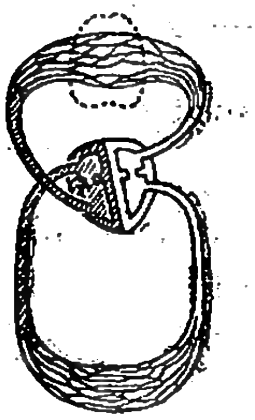


Fig. 42.

4. Vaisseaux sanguins. — Les artères et les veines sont des vaisseaux qui se ramifient dans toutes les parties du corps de plus en plus, à mesure qu'ils sont plus éloignés du cœur, et viennent jusque sous la peau.

5. Artères. — L'*artère pulmonaire* part du ventricule droit et se rend aux poumons ; l'artère *aorte* part du ventricule gauche et se rend, plus ou moins ramifiée, en changeant de nom, dans toutes les autres parties du corps.

6. Veines. — Les principales veines sont : la *veine pulmonaire,* la *veine cave supérieure,* la *veine cave inférieure.*

7. Capillaires. — Les vaisseaux sanguins, en se ramifiant, deviennent très fins et sont nommés *capillaires.*

8. Chez l'homme, la circulation est double : il y a la *petite circulation* et la *grande circulation.*

9. Petite circulation. — Dans la petite circulation, le sang, impur et noir, va du ventricule droit aux poumons. Il s'y purifie au contact de l'air et revient pur et rouge dans l'oreillette gauche.

10. Grande circulation. — Dans la *grande circulation,* le sang pur est poussé du ventricule gauche dans l'aorte. Il se rend dans toutes les parties du corps et revient à l'état de sang veineux par les veines caves dans l'oreillette droite.

11. Le *pouls* se sent sur une artère voisine de la peau, mais non sur une veine.

Questionnaire.

1-1. Pourquoi faut-il que le sang circule ? — **2.** Dans quels organes circule le sang ? — **2-1.** De quoi se compose le sang ? — **2.** Que

savez-vous des globules du sang ? — 3. Du sérum? — 3-1. Qu'est-ce que le cœur ? — Où est-il situé ? 2. Comment est-il divisé ? — 3. Comment s'appellent les cavités du cœur? — Communiquent-elles ensemble ? — 4. Quelle propriété possède le cœur ? — 4. Quels sont les principaux vaisseaux sanguins ? — 5-1. Quelle différence y a-t-il entre les parois des veines et celles des artères ? — 2. Quelles sont les deux artères principales? — 3. Que savez-vous de l'artère pulmonaire? — 4. De l'aorte ? — Quelles artères partent de l'aorte ? — 6-1. Où sont placées les veines? — 2. Quelles sont les principales veines? — 7. Qu'appelez-vous vaisseaux capillaires? — Quelle est la double fonction du sang ? — 8. Qu'appelle-t-on grande circulation ? — Petite circulation ? — 9-1. Quel trajet suit le sang dans la petite circulation ? — 2. Quel changement subit-il ? — Sous quelle influence ? — 10-1. Quel trajet suit le sang dans la grande circulation ? — 2. Par quels vaisseaux revient-il et en quel état? — 3. Combien de temps dure la circulation complète ? — 11-1. Qu'est-ce que le pouls? — 2. Pourquoi les pulsations ne se sentent-elles pas sur les veines ? — 3. Où sent-on le pouls ?

Rédaction. — Histoire d'une goutte de sang depuis sa sortie du ventricule gauche jusqu'à son retour au même ventricule.

CHAPITRE VII

RESPIRATION

1. Respiration. — 1. La respiration est la fonction la plus essentielle de la vie ; dès qu'elle s'arrête, toute vie cesse, et, pour cela, il suffit seulement d'un arrêt ne dépassant guère trois minutes.

2. Elle a pour but de purifier le sang, en le transformant de sang veineux en sang artériel ; c'est elle qui joue aussi un rôle important dans l'émission de la voix.

I. — APPAREIL RESPIRATOIRE

2. — L'air, pour se mettre en communication avec le sang, pénètre par la bouche ou le nez (le nez est la véritable voie respiratoire; certains animaux ne peuvent pas respirer par la bouche, le cheval par exemple); il

suit le *larynx*, la *trachée*, les *bronches*, et les *poumons*.

3. Trachée. — La trachée, désignée encore sous le nom de *trachée-artère* (fig. 43), commence par le *larynx*, dans l'arrière-bouche, et, sous forme de tuyau renforcé, descend en avant de l'œsophage qu'elle longe jusqu'aux poumons.

4. Bronches. — Au niveau de la troisième vertèbre dorsale, la trachée se bifurque en deux *bronches*, l'une à droite, l'autre à gauche. Ces deux bronches, en péné-

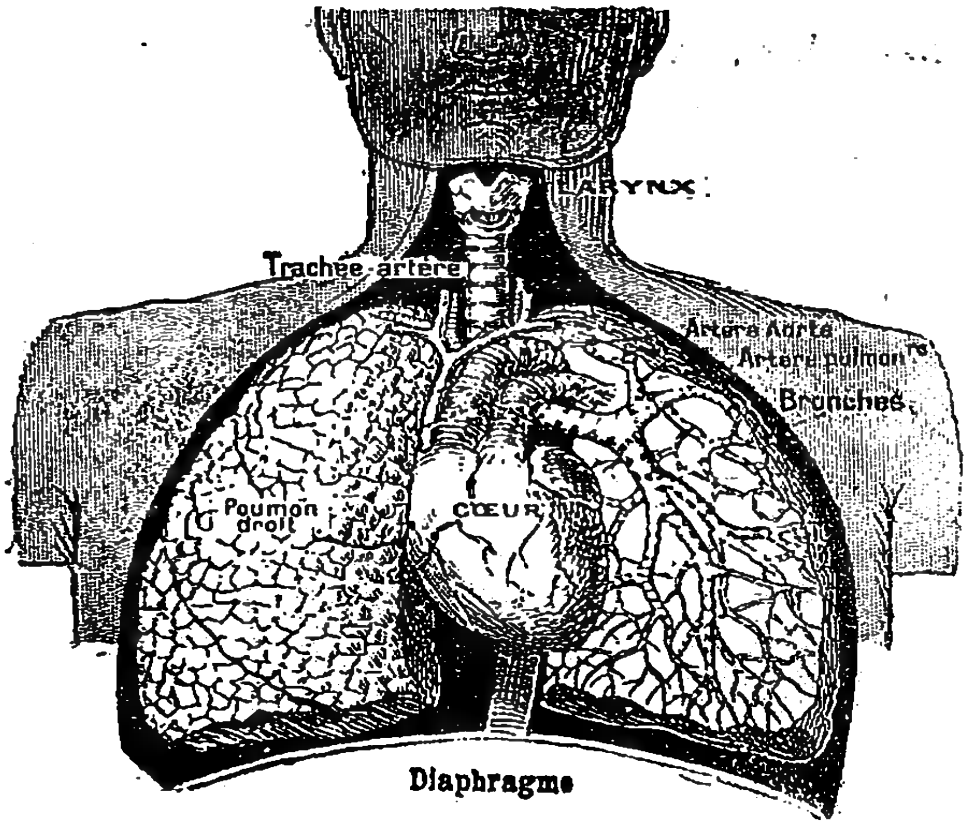


Fig. 43. — Appareil respiratoire.

trant dans les poumons, se ramifient en une infinité de petits conduits, fermés à leurs extrémités.

5. Poumons. — 1. Les poumons, au nombre de deux, occupent la plus grande partie du thorax ; au milieu d'eux repose le cœur.

2. Les poumons se présentent sous forme d'une masse spongieuse, constituée par les ramifications des bronches et par celles des veines et des artères. Les dernières ramifications bronchiques se terminent par une suite de petits renflements ou sacs, appelés *alvéoles* ou *vésicules bronchiques*. Les poumons sont enveloppés

d'une *séreuse*, ou membrane double, appelée *plèvre*, qui renferme le liquide pleurétique nécessaire pour amortir le frottement des poumons contre la cage thoracique.

3. Tout l'appareil respiratoire et le cœur occupent la poitrine; ils sont séparés de l'abdomen par un muscle peu épais, tendu horizontalement, le *diaphragme*.

II. — MÉCANISME DE LA RESPIRATION

6. Inspiration, expiration. — 1. L'air pénètre dans les poumons et en sort, grâce à des mouvements appelés mouvements respiratoires, qui peuvent être comparés à ceux qu'exécute un soufflet. Ces mouvements sont doubles : ils constituent l'*inspiration* ou entrée de l'air, et l'*expiration* ou sortie de l'air.

2. Dans l'inspiration, les côtes se soulèvent, l'abdomen se gonfle, le diaphragme s'abaisse, le thorax prend ainsi le plus grand volume possible : et l'air vient, par le nez et la bouche, combler le vide qui se produit.

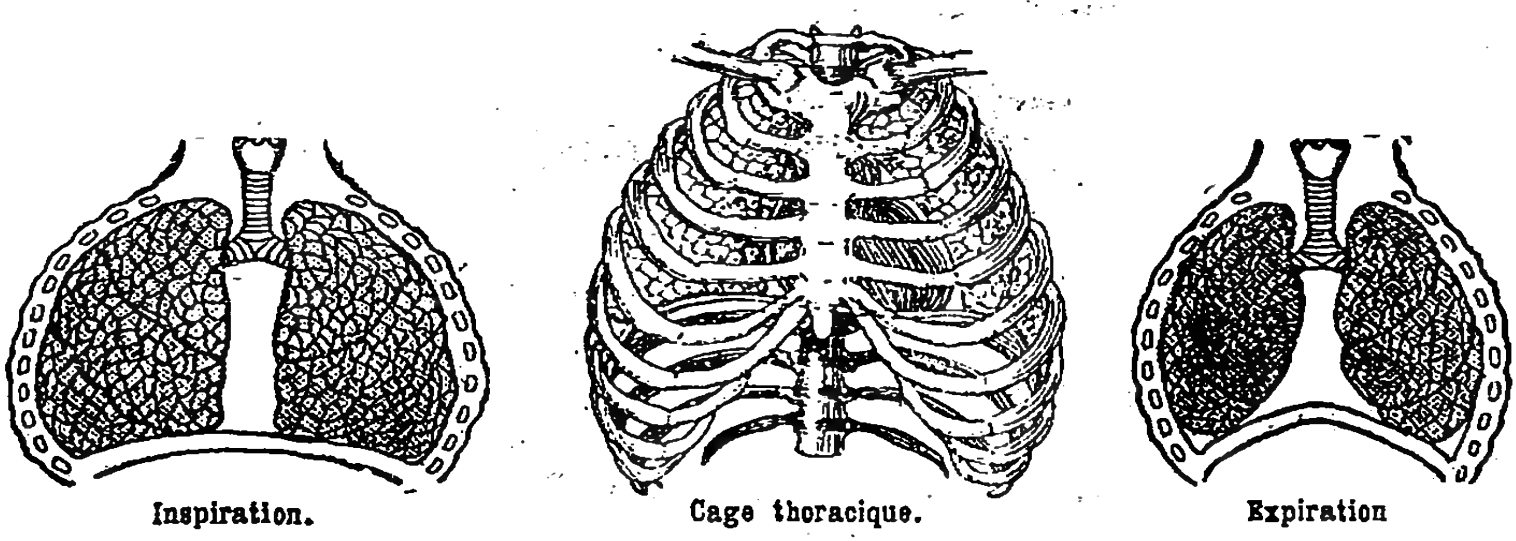


Fig. 44. — Mécanisme de la respiration.

3. Dans l'expiration, les côtes s'affaissent, l'abdomen s'aplatit, le diaphragme s'élève : tous ces mouvements causent une diminution dans le volume de la cage thoracique et l'air en est chassé.

III. — EFFETS DE LA RESPIRATION

7. Purification du sang. — 1. Le sang, qui arrive dans les poumons par l'artère pulmonaire, renferme une grande quantité

Fig. 45. — Eau de chaux troublée par l'acide carbonique expiré.

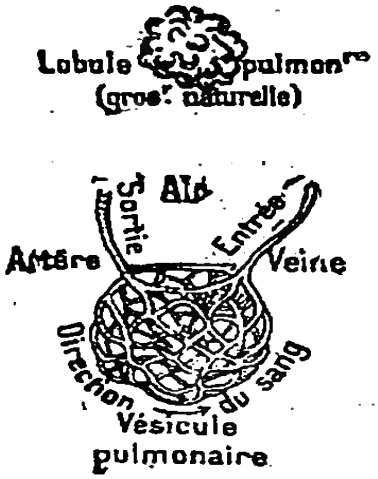


Fig. 46.

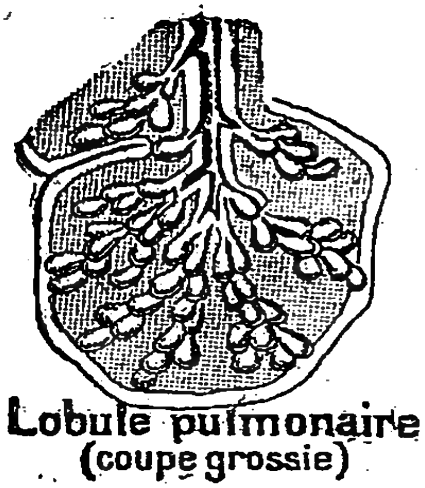


Fig. 47.

d'acide carbonique; or, à travers les membranes des vésicules bronchiques, se fait un échange de gaz entre l'air et le sang : l'air cède au sang une partie de son oxygène, tandis que le sang abandonne son acide carbonique et sa vapeur d'eau. Cette opération, désignée sous le nom d'*hématose*, revivifie le sang qui revient au cœur, par les veines pulmonaires, avec une belle coloration rouge.

2. On vérifie facilement que le gaz qui s'échappe des poumons, dans l'expiration, est fortement chargé d'acide carbonique, en soufflant ce gaz par un tube dans une dissolution d'eau de chaux : on voit bientôt celle-ci se troubler; c'est la caractéristique de l'acide carbonique (fig. 45).

8. Chaleur animale. — 1. La chaleur naturelle de l'homme, et de tous les animaux à température constante, est due à la combinaison de l'oxygène, absorbé dans la respiration, avec les éléments qui constituent nos tissus. Nous avons vu en chimie que la combinaison de l'oxygène avec les autres corps donne toujours lieu

à une combustion plus ou moins vive; dans l'homme, la combustion qui résulte de cette combinaison est suffisamment active pour maintenir le corps à une température, à peu près uniforme, de 37°.

2. Cette combustion s'effectue dans *toutes les parties du corps*, principalement aux poumons et à travers les membranes des vaisseaux capillaires. Les globules rouges du sang, s'emparant de l'oxygène de l'air, transportent ce gaz dans toutes les parties du corps et l'emploient partout où un combustible se présente.

9. **Voix**. — 1. Le larynx est l'organe de la voix ; c'est un renflement de la trachée-artère à sa partie supérieure (fig. 48). Il est soutenu par deux anneaux cartilagineux et saillants qui forment en avant du cou un renflement connu sous le nom de *pomme d'Adam* : c'est lui qui s'élève et qui s'abaisse pendant l'émission des sons, ainsi que pendant la déglutition pour aider à fermer aux aliments la *glotte*, ou orifice d'entrée de l'air.

C'est le larynx qui produit les sons; l'air expiré fait vibrer cet organe; la bouche et le nez renforcent les sons produits, en les modifiant.

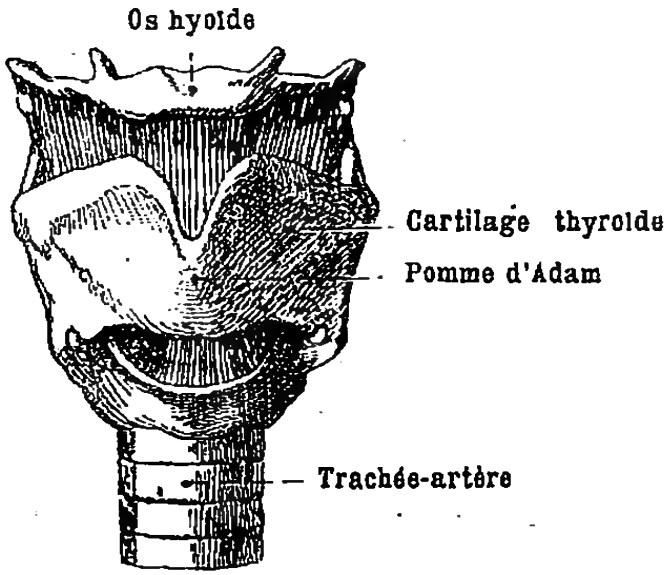


FIG. 48. — Larynx (face antérieure).

2. A l'intérieur du larynx, la muqueuse qui le tapisse forme deux replis disposés comme les bords d'une boutonnière : ces plis portent le nom de *cordes vocales ;* ils peuvent se tendre plus ou moins, et, par conséquent, agrandir ou diminuer l'espèce de fente qui les sépare. Un peu au-dessus de ces cordes vocales s'en trouvent deux autres ayant à peu près la même disposition.

3. Pendant l'acte de la respiration ordinaire, l'air, n'étant pas trop vivement chassé, traverse le larynx sans produire de son ; mais si la volonté active le passage de l'air, si en même temps elle fait contracter les muscles du larynx, un son se fait entendre ; le son produit varie suivant la position des cordes vocales.

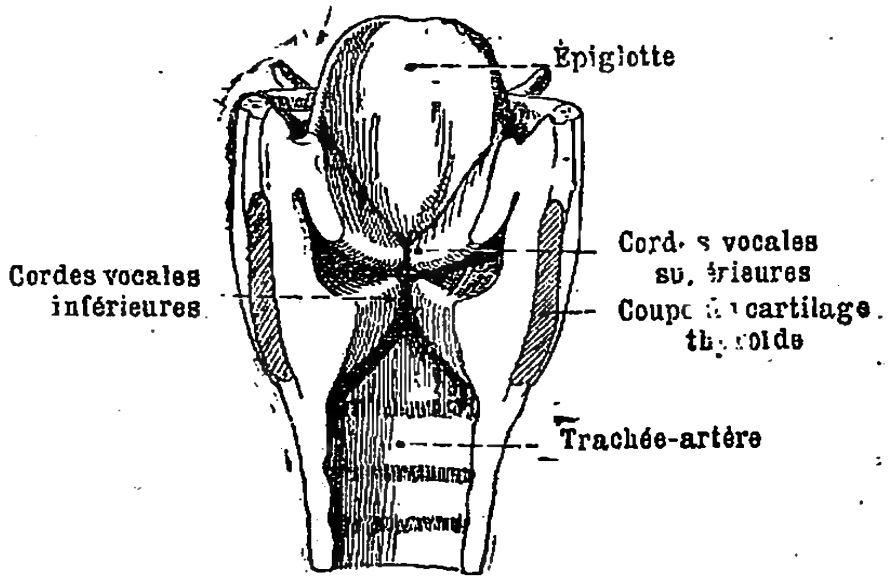


Fig. 49. — Larynx (coupe).

S'il est modifié par le jeu de la langue, il prendra le nom de son articulé, de *voix*.

Hygiène de la respiration.

10. Air pur. — Puisque l'air est l'agent le plus essentiel à la vie, la qualité de l'air devra avoir la plus grande influence sur la santé.

L'air sera vivifiant s'il renferme de l'oxygène dans les proportions normales, 1/5 de son volume et 4/5 d'azote, et s'il ne contient pas d'autres gaz.

L'air pur des montagnes et surtout celui de la mer sont extrêmement salutaires.

Marais. — On devra éviter d'habiter des endroits voisins des marais, à cause du dégagement des miasmes provenant de la décomposition des matières végétales qui croissent sur leurs bords.

A la campagne, on devra toujours placer le fumier de la cour le plus loin possible des ouvertures de la maison, et le mêler de plâtre qui retient l'ammoniaque et enrichit ainsi le produit.

Habitation. — A l'intérieur de l'habitation, la chambre dans laquelle on passe la nuit doit avoir au moins 15 mètres cubes par personne, et l'on doit prévoir le renouvellement de l'air (cheminée ou équivalent).

On doit souvent aérer une salle dans laquelle se tiennent de nombreuses personnes, surtout le soir alors que brûlent

les lampes, les bougies ou le gaz : car, au gaz carbonique expiré vient se joindre celui que dégagent les combustions (pétrole, huile, bougies, gaz). Or il suffit que l'atmosphère de la pièce contienne seulement 4 millièmes de gaz carbonique pour que les personnes qui s'y trouvent en soient incommodées; elles ressentent des maux de tête, des oppressions, des étouffements, premiers symptômes de l'asphyxie.

Combustion. — On devra bien se garder d'allumer du charbon, ou même du bois, dans un réchaud placé à l'intérieur de la pièce ou dans une cheminée dont le tirage serait insuffisant ; car, dans ces combustions, au gaz carbonique produit vient s'ajouter un gaz des plus toxiques, l'oxyde de carbone. Pour les mêmes raisons, on évitera de fermer la clef des tuyaux de poêle, sous prétexte de conserver la chaleur. Tout poêle sans dégagement assuré *par la partie supérieure* et dans une cheminée doit être impitoyablement proscrit.

Les poêles en fonte seront proscrits de la chambre à coucher, car la fonte contient du carbone, et lorsqu'on la chauffe au point de la rougir, le carbone s'unit à l'oxygène de l'air pour y former de l'oxyde de carbone. Cet inconvénient est surtout grave quand la fonte est neuve. De plus, quand le poêle tire peu, l'oxyde de carbone formé à l'intérieur du poêle traverse la fonte rougie ou s'échappe par les joints.

Fleurs. — Les fleurs seront également bannies de la chambre à coucher, à cause des gaz délétères qu'elles exhalent.

Humidité. — Si l'air peut renfermer, sans qu'il y ait danger, un peu de vapeur d'eau, il n'en doit pas contenir au point d'être hu- mide. Aussi on ne devra pas occuper une construction nouvellement bâtie ; on devra attendre six mois au moins son complet dessèchement.

Il faudra éviter, pour les habiter, les lieux naturellement humides, surtout pour les organisations faibles, les enfants et les malades. Aussi nécessaire que l'air est la lumière. Les appartements mal éclairés ne doivent pas être habités, sous peine d'anémie ou de neurasthénie.

Il est sage de choisir une demeure dans laquelle les rayons du soleil plongent aisément. « Là où le soleil entre, dit le proverbe, le médecin s'en va. »

11. Premiers soins en cas d'asphyxie. — L'asphyxie est un accident souvent mortel qui se produit lorsque les fonctions respiratoires ne peuvent plus s'effectuer.

Elle peut provenir, soit de la mauvaise qualité de l'air inspiré, soit d'un obstacle à l'entrée de l'air dans les poumons.

1° *Dans le cas où le malade a respiré avec l'air des gaz qui provenaient de l'éclairage, des charbons*, etc.

Placez immédiatement le malade au grand air, la tête assez élevée, et débarrassez-le de ses vêtements. Frictionnez vivement avec une brosse ou un linge rude tout le corps, surtout les extrémités ; refroidissez la tête, s'il y a lieu ; efforcez-vous de rétablir la circulation interrompue. Pour cela :

« Étendre le patient sur une surface, autant que possible légèrement inclinée et à la hauteur d'une table : faire saillir un peu la poitrine en avant, au moyen d'un coussin ou de vêtements roulés ; se placer à la tête du patient, lui saisir les bras à la hauteur des coudes, les tirer vers soi doucement en les écartant l'un de l'autre, les tenir étendus en haut pendant deux secondes, puis les ramener le long du tronc en comprimant latéralement la poitrine, en même temps qu'une autre personne la pressera d'avant en arrière.

« Par l'élévation des bras, on fait entrer dans la poitrine le plus d'air possible, et on l'en fait sortir par leur abaissement et par la pression. Cette double manœuvre a pour but d'imiter les deux mouvements de la respiration.

« On répétera cette manœuvre alternativement quinze fois environ par minute et jusqu'à ce qu'on aperçoive un effort du patient pour respirer. » (*Instruction du Conseil de salubrité pour les secours à donner aux noyés et asphyxiés.*)

12. Tractions rythmées de la langue. — On emploie depuis quelques années un moyen très simple et le plus efficace qu'on ait encore trouvé pour ramener la respiration. Il consiste à faire des *tractions rythmées* de la langue. En opérant sagement et régulièrement, on rétablit quelquefois les mouvements respiratoires.

Si les dents sont serrées, on les écarte convenablement puis on fait sortir la langue, en appuyant dessus avec un manche de cuiller ou un couteau à papier. On la saisit alors avec les doigts qu'on aura eu soin d'envelopper d'un linge, faute de quoi la langue, toujours plus ou moins humectée, n'offrirait pas une prise suffisante. Cela fait, on tire alternativement la langue au dehors de la bouche et on la laisse reprendre sa position, sans cependant la lâcher complètement. On recommence ainsi pendant longtemps.

On provoque ensuite des vomissements en chatouillant la gorge avec une plume (stérilisée, ou gare l'angine, la diphtérie).

Dès que le malade pourra avaler, on lui fera prendre un verre d'eau fraîche additionnée de quelques gouttes de vinaigre. Le malade sera ensuite placé dans un lit bien chaud, au milieu d'une pièce largement aérée. Ne troublez pas le sommeil qui va bientôt s'emparer de lui.

— Dans le cas où l'asphyxie a été causée par le gaz exhalé d'une fosse d'aisance (hydrogène sulfuré, plomb des vidangeurs), en outre des moyens ci-dessus, passer de temps en temps sous les narines du malade un mouchoir ou un linge imbibé d'eau de Javel.

13. *Asphyxie par strangulation, suspension ou suffocation.*

a) Il faut tout d'abord détacher ou plutôt, afin d'aller plus vite, couper le lien qui entoure le cou et, s'il y a pendaison, descendre le corps en le soutenant de manière qu'il n'éprouve aucune secousse.

Tout cela doit être fait sans délai et sans attendre l'arrivé de l'autorité de police, mais en la faisant prévenir ainsi que le médecin.

On enlèvera ensuite ou l'on desserrera les jarretières, la cravate, la ceinture du pantalon, les cordons de jupe, le corset, en un mot toute pièce de vêtement qui pourrait gêner la circulation.

b) On placera le corps, mais sans lui faire éprouver de secousses, selon que les circonstances le permettront, sur un lit, sur un matelas, sur de la paille, etc., de manière cependant qu'il y soit commodément et que la tête ainsi que la poitrine soient plus élevées que le reste du corps.

c) Si le malade est dans une chambre, elle ne doit être ni trop chaude, ni trop froide, et il faut veiller à ce qu'elle soit convenablement aérée.

d) Il est indispensable d'appeler d'urgence un médecin.

e) Lorsque, après l'enlèvement du lien, les veines du cou restent gonflées, la face rouge tirant sur le violet, si le médecin tarde d'arriver, on peut mettre derrière chaque oreille, ainsi qu'à chaque tempe, 6 à 8 sangsues.

f) Si la suspension ou la strangulation a eu lieu depuis peu de minutes, il suffit quelquefois, pour rappeler le malade à la vie, d'appliquer sur le front et sur la tête des linges trempés dans l'eau froide et de faire en même temps des frictions aux extrémités inférieures.

Dans tous les cas, et dès le commencement, il faut exercer sur la poitrine et l'abdomen des pressions intermittentes, comme pour les noyés, ou encore des tractions rythmées de la langue, afin de provoquer les mouvements de la respiration.

On ne négligera pas non plus de frictionner l'asphyxié avec des flanelles ou des brosses, surtout à la plante des pieds et dans le creux des mains.

g) Dès qu'il pourra avaler, on lui fera prendre par petites quantités de l'eau tiède additionnée d'un peu d'eau de mélisse, de vin ou d'eau-de-vie.

h) Si, après avoir été complètement rappelé à la vie, le malade éprouve de la stupeur, des étourdissements, les applications d'eau froide sur la tête deviennent utiles.

k) En général, l'asphyxié par suspension, strangulation ou suffocation, doit être traité, après le rétablissement de la vie, avec les mêmes précautions que dans les autres espèces d'asphyxies. (*Instruction du Conseil de salubrité sur les se-secours à donner aux noyés et asphyxiés.*)

14. Noyés. — Étendre le noyé sur le dos, la poitrine un peu bombée, en plaçant sous ses épaules un vêtement roulé. Rétablir la respiration, comme il est indiqué plus haut pour l'asphyxie par les gaz délétères.

Veiller à ce que la bouche et la gorge soient débarrassées des corps étrangers, maintenir la langue hors des lèvres.

Dès que la respiration se rétablit, cesser tous mouvements des bras et réchauffer le noyé par tous les moyens possibles.

Aider alors le malade à vomir ; enfin lui faire boire un liquide chaud et tonique, puis le laisser reposer.

Surtout éviter de pendre le noyé par les pieds : c'est sa mort certaine.

Ne désespérez pas trop tôt de vos efforts : on a vu des asphyxiés revenir à la vie seulement après une heure de soins prolongés.

RÉSUMÉ

1. Respiration. — 1-2. La respiration est la fonction la plus essentielle de la vie ; elle a pour but la purification du sang.

2. — L'air pénètre dans les poumons par le nez, la bouche et la trachée-artère.

3. Trachée. — La trachée est un tube qui longe l'œsophage.

4. Bronches. — Les bronches ne sont autre chose que la trachée-artère divisée en deux au niveau de la 3e vertèbre dorsale.

5. Poumons. — 1-2-3. Les *deux poumons* sont des masses spongieuses, formées des ramifications des bronches et des vaisseaux sanguins. Ils sont entourés par la *plèvre* et séparés de l'abdomen par le *diaphragme*.

6. Mécanisme de la respiration. — 1-2-3. La *respiration* comprend deux actes : l'*inspiration* ou entrée de l'air dans les poumons et l'*expiration* ou sortie de l'air.

7. Effets de la respiration. — 1-2-3. Dans les poumons se produit l'échange de l'acide carbonique contre l'oxygène.

8. Chaleur animale. — 1-2. La *chaleur animale* provient de la combustion de l'oxygène absorbé avec une partie de nos tissus usés ; elle est normalement de 37°.

9. Voix. — 1-2-3. La voix est due aux vibrations des cordes vocales du larynx. Ces vibrations sont produites elles-mêmes par l'air expiré, et le son qui en résulte est modifié par le jeu de la langue et des joues.

Questionnaire.

1-1. La respiration est-elle nécessaire ? — 2. Quel est le rôle de la respiration ? — **2**. Quels sont les organes de l'appareil respiratoire ? — **3**. Parlez de la trachée-artère. — **4** Des bronches. — **5**-1. Combien y a-t-il de poumons ? — Où sont-ils situés ? — 2. Comment les poumons sont-ils constitués ? — 3. Par quel muscle la poitrine est-elle séparée de l'abdomen ? — **6**-1. Combien distingue-t-on de mouvements respiratoires ? — 2. Comment se produit l'inspiration ? — 3. L'expiration ?

7-1. Quel échange de gaz se fait— dans la respiration ? — 2. Comment prouve-t-on la présence de acide carbonique dans l'air expiré ?

8-1. A quoi est due la chaleur animale ? — 2. Où se fait la combustion ? — **9**-1. Que savez-vous du larynx ? — 2. Qu'appelle-t-on cordes vocales ? — 3. Comment se produisent les sons ?

RÉDACTION. — Les organes de la respiration. — Leurs fonctions. — Nécessité de renouveler l'air des appartements.

CHAPITRE VIII

I. — SYSTÈME NERVEUX

Système nerveux cérébro-spinal.— Le système nerveux cérébro-spinal comprend l'*encéphale*, la *moelle épinière* et les *nerfs*.

L'encéphale se compose du cerveau, du cervelet et de la moelle allongée.

2. **Cerveau**. — 1. Le cerveau est l'organe qui préside aux *sensations;* c'est au cerveau que se transmettent les impressions que nos organes des sens ont perçues; c'est du cerveau que partent *les ordres des mouvements;* c'est le cerveau qui est le siège de la *pensée*, de la *volonté*, de l'*intelligence*.

2. Le cerveau touche dans le crâne au *cervelet*, et tous deux sont prolongés, dans le corps, par la *moelle épinière* et par les *nerfs* (fig. 50).

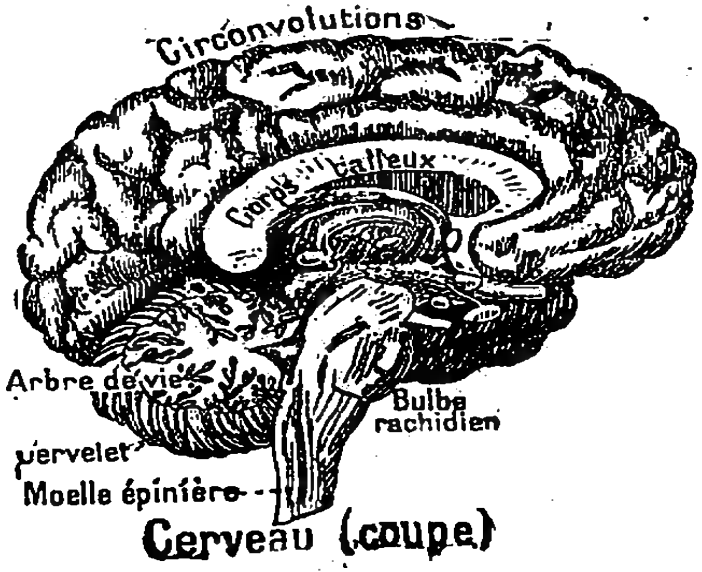


Fig. 50.

3. — Le cerveau est une masse molle, en forme d'œuf, formée d'une substance blanche au centre, enveloppée d'une écorce grise; sa surface présente des plis ou *circonvolutions*. Il est séparé des os du crâne par trois membranes appelées *méninges*. L'inflammation de ces membranes produit une *méningite*.

4. **Cervelet**. — Le cervelet est situé en arrière et au-dessous du cerveau; il offre à sa surface des plis parallèles; il a la même consistance que le cerveau.

Le cerveau et le cervelet occupent la partie supérieure et postérieure du crâne.

5. Moelle épinière. — 1. La moelle épinière prolonge le cerveau et le cervelet ; elle a l'aspect d'une grosse corde blanche et se trouve logée dans le *canal médullaire* de la colonne vertébrale (canal formé par la succession des ouvertures remarquées dans les vertèbres) ; elle s'y continue jusqu'à la région lombaire.

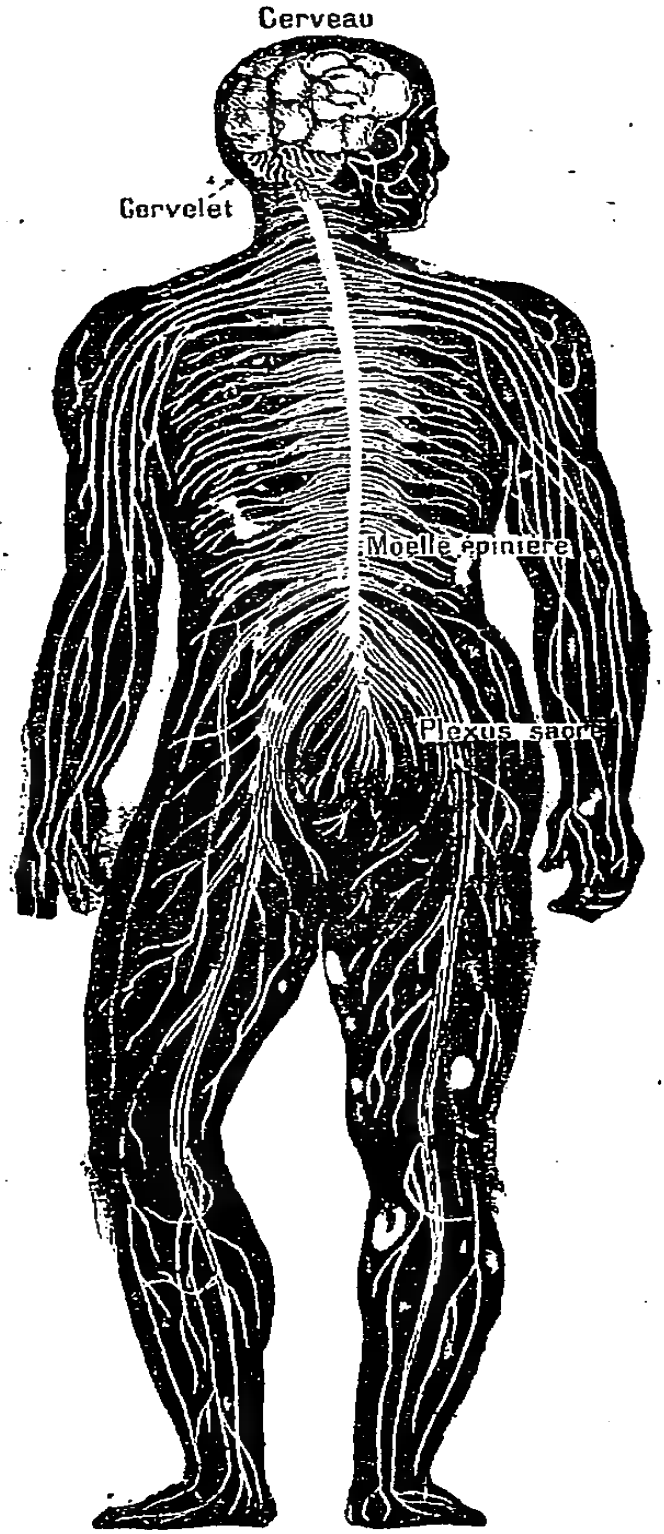


Fig. 51. — Système nerveux

2. La partie supérieure de la moelle épinière porte le nom de *moelle allongée* : c'est le point d'union entre le cervelet et la moelle épinière.

6. Nerfs. — 1. Les nerfs sont des cordons blancs qui s'échappent, soit de la base du cerveau, soit de la moelle épinière (fig. 51) entre chaque vertèbre de la colonne vertébrale. Ils vont se ramifiant de plus en plus, à mesure qu'ils s'éloignent de leur point de départ, pour arriver si nombreux à la peau qu'ils en tapissent complètement la surface intérieure. Aussi est-il impossible de piquer la peau avec la plus fine aiguille sans blesser un nerf.

2. Les nerfs portent différents noms, suivant les fonctions qu'ils remplissent ; les uns, qui se rendent aux organes des sens, sont nommés *nerfs sensitifs*, ou nerfs de la sensibilité : tels sont le *nerf optique* qui se rend dans l'œil, le *nerf auditif* à l'oreille, le *nerf olfactif* dans le nez, etc. ; les autres, qui sont appelés *nerfs moteurs*, transmettent aux muscles les ordres des mouvements.

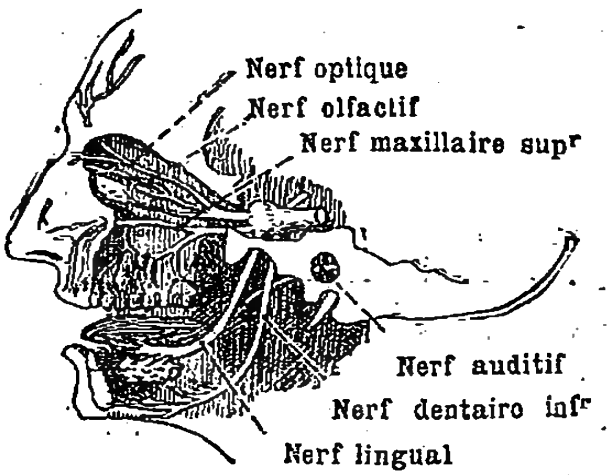


FIG. 52. — Nerfs sensitifs.

3. Nerfs moteurs et nerfs sensitifs ont tous deux même aspect.

II. — FONCTIONS DU SYSTÈME NERVEUX

7. Sensations. — 1. Pour qu'il y ait sensation, il faut que le cerveau soit impressionné ; et ce sont les nerfs de la sensibilité qui transmettent au cerveau les impressions qu'ils ont reçues venant de l'extérieur. Cette transmission a lieu par l'intermédiaire de la moelle épinière. Ainsi, dès qu'une piqûre vient d'être faite à un des doigts de la main, le nerf sensitif blessé transmet immédiatement au cerveau l'impression de douleur.

2. Dès que le cerveau a perçu l'impression de douleur, il juge immédiatement que, pour que la douleur ne se prolonge pas, il importe de soustraire le doigt à la cause de la douleur, et, pour cela, il transmet, par des nerfs moteurs, l'ordre aux muscles du bras d'éloigner la main de l'objet qui a causé la piqûre.

Dans cet acte, nous avons vu entrer en fonctions alternativement chacune des différentes espèces de nerfs. Cette triple action : transmission de la douleur, sa perception, recul du doigt, est infiniment rapide : aussi compare-t-on souvent les nerfs à des fils télégraphi-

ques transmettant au cerveau les impressions et les ordres avec la vitesse du courant électrique.

3. On peut facilement se rendre compte de la nécessité d'impressionner le cerveau pour que l'être tout entier perçoive les impressions. En effet, tout le monde sait que si l'on vient à parler auprès d'une personne profondément endormie, cette personne n'entend pas ; et cependant elle possède ses deux oreilles, les vibrations sonores produisent les mêmes effets sur le tympan ; mais le cerveau sommeille, il ne perçoit rien. Si le bruit vient à augmenter, le cerveau fortement ébranlé s'éveille alors et perçoit : la personne entend et sort elle-même de son sommeil. De même, elle n'aurait pas perçu un léger contact, une lumière douce, pendant son sommeil, mais se serait éveillée lorsque son cerveau aurait été plus fortement impressionné par une piqûre ou par une très vive lumière.

4. Inversement, si une piqûre vient à être faite à un centre nerveux, immédiatement la région du corps dans laquelle se répandent les nerfs qui partent de ce centre perd toute sensibilité : il y a paralysie partielle.

5. Si la blessure est faite à un centre nerveux qui communique avec un organe essentiel, la mort s'en suit instantanément : c'est ce qui arrive pour toute blessure produite à la moelle allongée ; car c'est de cette partie que s'échappent les nerfs qui président aux mouvements du cœur et à ceux de la respiration. C'est d'ailleurs la façon la plus rapide d'amener la mort d'un lapin que de le frapper fortement du tranchant de la main, à la base de la tête, en arrière des oreilles ; on rompt ainsi sa moelle allongée.

8. Système du grand sympathique. — Il y a des mouvements qui sont indépendants de la volonté ; ce sont ceux qui assurent le fonctionnement des organes essentiels de la vie : cœur, poumons, intestins, vaisseaux.

Le système nerveux, auteur de ces mouvements,

compose le *système du grand sympathique*. Il est formé d'une double chaîne de *ganglions* ou *centres nerveux*, en rapport avec la moelle épinière et situés de chaque côté de la colonne vertébrale. De ces centres nerveux, partent des nerfs qui vont se distribuer dans les organes qu'ils commandent (fig. 54).

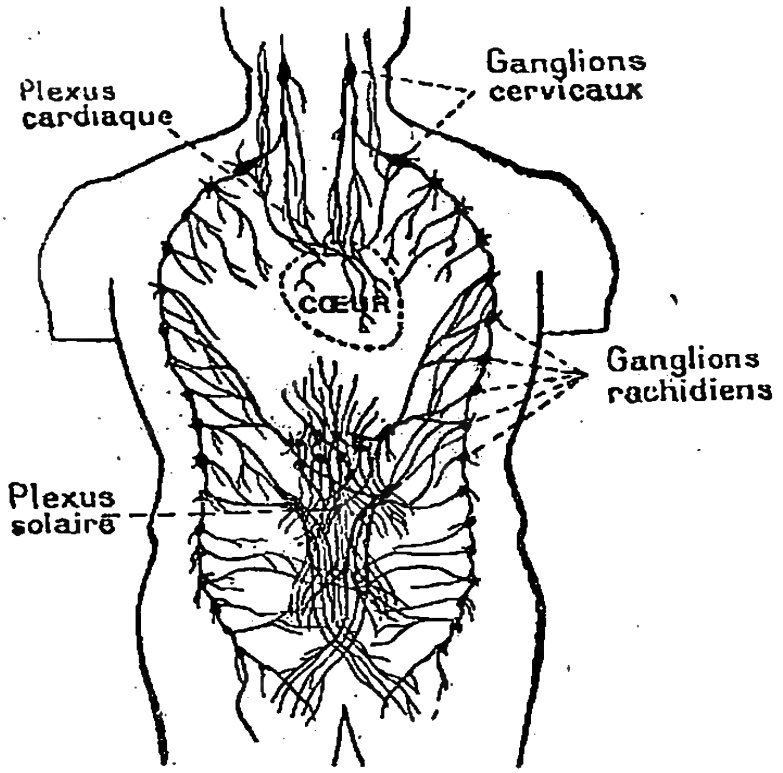


FIG. 54.
Système du grand sympathique.

RÉSUMÉ

1. Système nerveux cérébro-spinal. — Ce système comprend l'encéphale, la moelle épinière et les nerfs.

2. Cerveau. — 1-2. Le cerveau préside aux sensations ; il donne les ordres des mouvements, c'est le siège de l'intelligence. Il est logé dans le crâne.

3. Le cerveau a la forme d'un œuf dont la surface présente des plis ou circonvolutions.

4. Cervelet. — Le cervelet se trouve en arrière du cerveau ; ses plis sont parallèles.

5. Moelle épinière. — 1-2. La moelle épinière est le prolongement du cerveau et du cervelet. Elle est logée dans la colonne vertébrale.

6. Nerfs. — 1-2-3. Les nerfs prolongent la moelle épinière, jusqu'à la surface intérieure de la peau. Les nerfs sont **sensitifs** ou **moteurs**, suivant qu'ils portent les sensations au cerveau ou qu'ils en rapportent les ordres des mouvements.

7. Sensations. — 1 à 5. L'être ne percevra une sensation que si son cerveau est impressionné.

Si une partie du cerveau vient à être *blessée*, la partie du corps correspondante se trouve *paralysée*. Si la blessure atteint un centre qui se rend à un *organe essentiel*, la *mort* s'ensuit.

8. Système du grand sympathique. — Les mouvements des organes essentiels à la vie, circulation, digestion, etc., sont assurés, en dehors de la volonté, par le système du *grand sympathique.*

Questionnaire.

1. Que comprend le système nerveux cérébro-spinal? — **2-1.** Quelle est la fonction du cerveau? — 2. Par quoi le cerveau et le cervelet sont-ils prolongés? — **3.** De quoi est formé le cerveau? — **4.** Quel est l'aspect du cervelet? — **5-1.** De la moelle épinière? — Où est logée la moelle épinière? — 2. Qu'appelle-t-on moelle allongée? — **6-1** D où partent les nerfs et où se rendent-ils? — 2 Combien y a-t-il d'espèces de nerfs? — 3. Tous les nerfs ont-ils le même aspect? — **7-1.** Quel organe doit être impressionné pour qu'un être sente? — Comment les sensations sont-elles transmises au cerveau? — 2. Quel rôle joue alors le cerveau? — 3 Prouvez que le cerveau est nécessaire pour qu'il y ait sensation. — 4. Qu'arrive-t-il quand une blessure est faite à un centre nerveux? — 5. A un centre nerveux communiquant avec un organe essentiel? — **8** Qu'est-ce qui préside au fonctionnement des organes essentiels à la vie?

Rédaction. — Le cerveau. — Les impressions qu'il reçoit. — Son rôle sur les autres organes.

CHAPITRE IX

SENS ET ORGANES DES SENS

1. Les sens. — L'homme possède cinq sens : les sens du *toucher*, du *goût*, de l'*odorat*, de l'*ouïe* et de la *vue*. Ces sens, chargés de recueillir toutes les impressions venues du dehors, sont servis par cinq organes : la *peau*, la *langue*, le *nez*, l'*oreille*, l'*œil*. A chacun de ces organes correspond un système de nerfs, qui transmet au cerveau les impressions qu'il reçoit : ainsi les nerfs de l'odorat ne portent pas les impressions de lumière; si l'on ouvre la bouche pour recevoir des ondes sonores et si l'on se bouche les oreilles, le cerveau n'entend rien, car les nerfs de la langue ne sont pas impressionnés par les sons, etc,

2. Toucher. — 1. Le sens du toucher a pour organe la **peau**, dont nous avons parlé antérieurement. C'est dans le derme de la peau, à sa surface extérieure, que se répartissent les filaments nerveux du toucher, les *corpuscules du tact* (fig. 55).

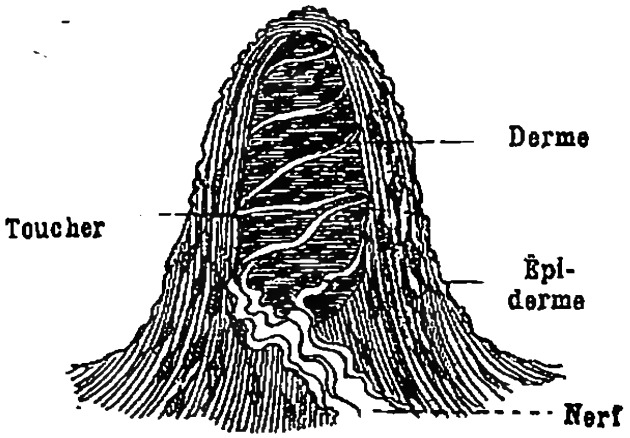
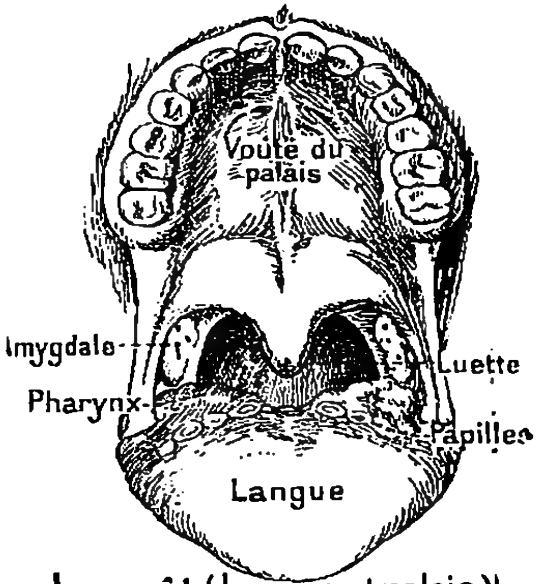


FIG. 55. — Corpuscule du tact provenant du derme (très grossi).

2. Mais si, par toute sa peau, l'homme est capable de percevoir la consistance, la température des corps étrangers qui le touchent, il a surtout un organe, merveilleusement doué, pour concentrer toutes les impressions qu'on peut tirer du contact, c'est la **main**. Avec elle, l'homme peut envelopper le corps touché, il en détermine la forme ; il peut le saisir, le peser; par l'extrémité de ses doigts, d'un *tact* exquis, il peut se rendre compte des plus fines impressions tactiles.

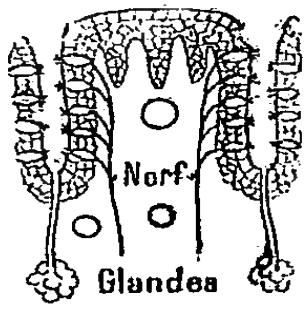
3. Goût. — 1. Le goût est une variété de toucher qui permet de percevoir les impressions des saveurs dégagées par les corps mis en contact avec l'organe capable de les recevoir : la **langue**.



Le goût (langue et palais)
FIG. 56. — Langue.

2. La langue, ce muscle si mobile, est recouverte d'une membrane muqueuse, rendue rugueuse dans sa partie supérieure par un grand nombre de petites éminences nommées *papilles* (fig. 57), où aboutissent les nerfs du goût. On distingue les papilles *filiformes* sur la surface supérieure de la langue ; les papilles *fungiformes* sur les bords et sur la pointe ; et les

papilles *caliciformes*, au nombre de 10 à 12, disposées en forme de V à la base de la langue. Les papilles filiformes sont plus spécialement les organes du tact ; les autres sont des papilles gustatives.



Coupe d'une papille linguale

FIG. 57.

Les papilles gustatives ne peuvent être affectées que par les substances dissoutes ; la salive joue donc un rôle important dans la perception des saveurs. Une substance insoluble ne peut impressionner la langue que par le contact.

4. Odorat. — 1. L'odorat nous fait connaître les odeurs des corps. On suppose que les odeurs sont produites par des particules infiniment petites de matière, qui s'échappent des corps odorants et se répandent dans l'atmosphère.

2. L'organe qui recueille les odeurs est le **nez**, ou mieux les *fosses nasales*, sans cesse baignées par l'air qui se rend aux poumons. Les fosses nasales sont séparées entre elles par une cloison verticale. La paroi de chacune d'elles est recourbée en lames saillantes, au nombre de 3, nommées *cornets* du nez : supérieur, moyen et inférieur. Tout l'intérieur du nez, y compris la corniche et la cloison, est recouvert d'une membrane, appelée *membrane pituitaire*, tapissée par les ramifications du *nerf olfactif*. Les particules odorantes, en suspension dans l'air, sont arrêtées par la membrane pituitaire et dissoutes dans le liquide dont elle est toujours humectée ; elles produisent alors une excitation qui est transmise au cerveau par l'intermédiaire du nerf olfactif.

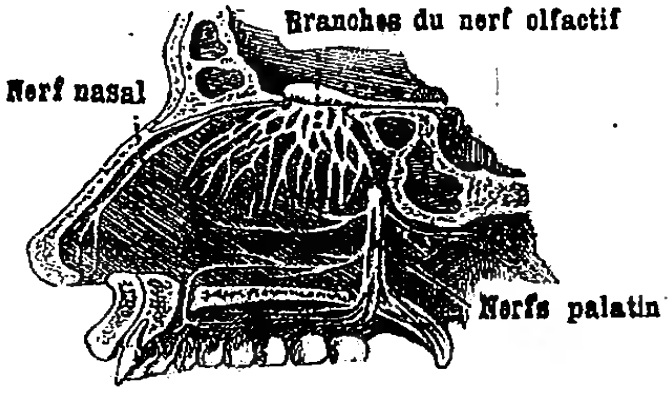


FIG. 58. — Coupe du nez.

5. Ouïe. — 1. Le sens de l'ouïe nous fait percevoir les sons et nous permet d'en apprécier les diverses qualités.

Les sons résultent des vibrations très

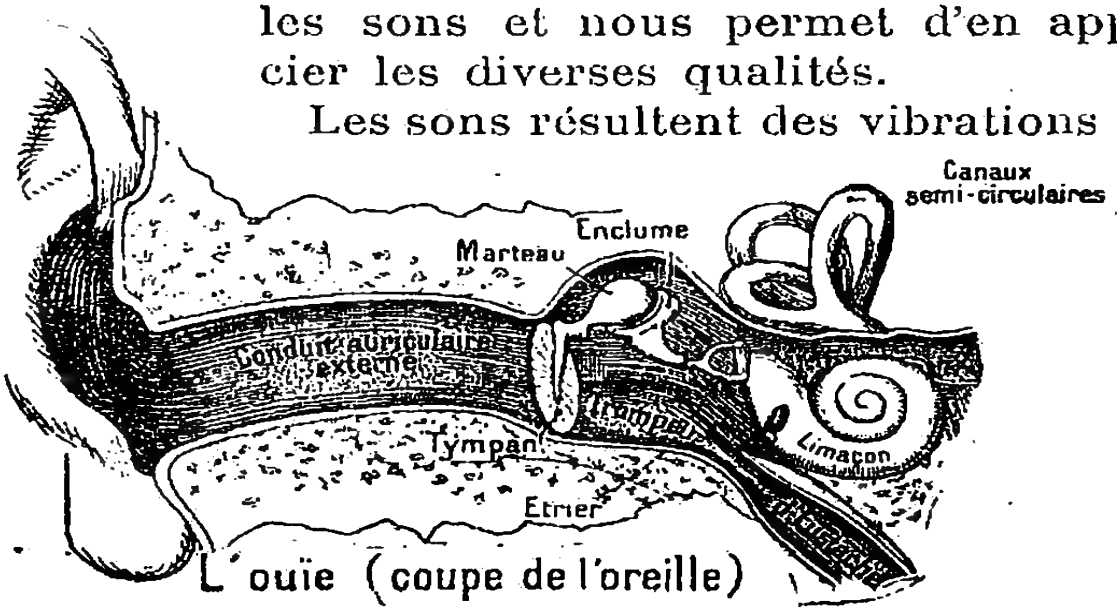


Fig. 59.

rapides imprimées à certains corps ; ces vibrations sont transmises par l'air à l'organe de l'ouïe : l'**oreille**.

2. L'oreille est un organe très compliqué ; on la divise en trois parties : l'oreille externe, l'oreille moyenne et l'oreille interne (fig. 59).

3. L'*oreille externe*, la seule partie visible, se compose du *pavillon* de l'oreille et du *conduit auriculaire*.

4. Dans l'*oreille moyenne* se trouvent le *tympan* et la *caisse*. Le tympan est une membrane tendue à l'extrémité du conduit auriculaire et fermant une cavité, la *caisse*, de forme irrégulière, traversée par une chaîne de quatre petits osselets. A sa paroi inférieure, on remarque l'embouchure de la *trompe d'Eustache*, conduit qui vient aboutir aux fosses nasales et qui met l'intérieur de la caisse en communication avec l'air extérieur.

5. La caisse est en rapport avec l'oreille interne par deux petites ouvertures munies de membranes tendues qui regardent, l'une le *vestibule*, l'autre le *limaçon*, cavité en forme de colimaçon. L'oreille interne est remplie d'un liquide aqueux, au milieu duquel s'épanouissent les ramifications du *nerf acoustique*.

6. Les vibrations sonores, recueillies par le pavillon de l'oreille, sont envoyées dans le conduit auriculaire;

elles mettent en vibration le tympan, qui agit à la façon d'une peau de tambour tendue sur la caisse. Les vibrations, conduites par l'air de la caisse et par les osselets, sont communiquées aux membranes tendues devant les ouvertures en rapport avec le vestibule et le limaçon; elles sont enfin transmises par le liquide de l'oreille aux nerfs qu'il baigne.

6. Vue. — 1. Les impressions de lumière sont perçues par l'**œil**. Un objet n'est visible que s'il émet ou renvoie des rayons lumineux et si, parmi ces rayons, il en est qui traversent l'œil.

2. L'œil est un globe sphérique rempli de liquides (fig. 60), dont les parois sont faites de trois enveloppes. La

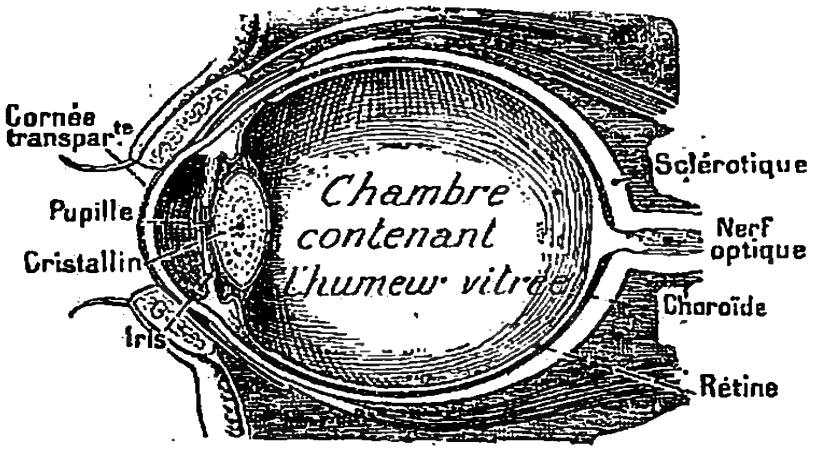


Fig. 60 — Œil (coupe).

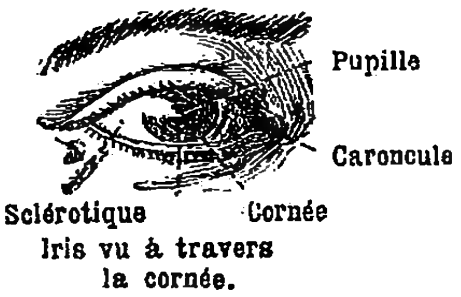


Fig. 61. — Œil externe.

première, extérieure, la *sclérotique* ou *blanc de l'œil*, est opaque en toute son étendue, excepté dans sa partie antérieure renflée et transparente, appelée la *cornée transparente*. La deuxième, la *choroïde*, est résistante et noire; elle a pour but d'arrêter les rayons lumineux; en avant de l'œil et derrière la cornée, elle prend une teinte particulière suivant les individus, formant ainsi comme un rideau coloré de l'œil, l'*iris*. L'iris est percé en son milieu d'une ouverture, la *pupille*, par laquelle les rayons lumineux pénètrent dans l'œil. En dedans de l'œil, en face de la pupille, se trouve une lentille transparente, doublement bombée, le *cristallin*, qui dirige sur la rétine les rayons qu'il reçoit.

3. Enfin, la surface intérieure de l'œil est tapissée par la *rétine*, troisième enveloppe, qui n'est autre que

l'épanouissement du nerf optique. La chambre antérieure de l'œil, celle qui est comprise entre la cornée et le cristallin, est baignée par un liquide limpide et transparent, l'*humeur aqueuse*.

Le globe de l'œil, entre le cristallin et la rétine, est rempli par une substance gélatineuse, transparente : le *corps vitré*.

4. Les rayons lumineux, en traversant la pupille pour

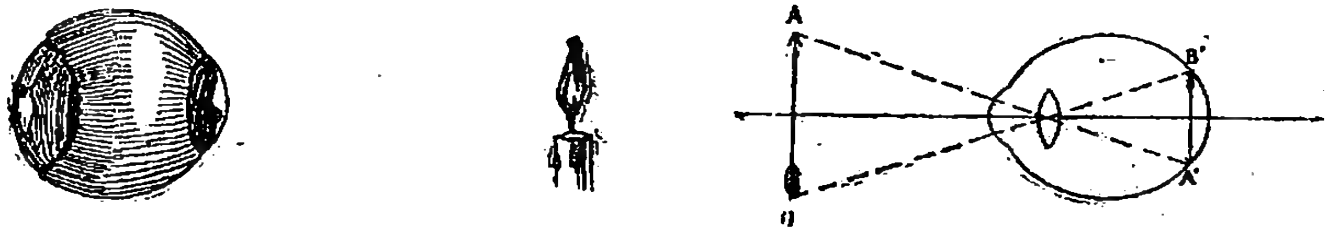


FIG. 62. — Les rayons lumineux forment sur la rétine des images renversées.

pénétrer dans l'œil, sont dirigés par les différents milieux qu'ils rencontrent, et vont former sur la rétine les images renversées des objets qui ont envoyé les rayons. Ils impressionnent le nerf optique, qui transmet au cerveau la sensation de lumière.

5. Les parties accessoires de l'œil sont les *paupières* avec leurs *cils* qui abritent l'œil des dangers extérieurs et les *glandes lacrymales*, situées en haut et à la partie extérieure de l'œil et qui sécrètent les *larmes*. Les larmes humectent le globe de l'œil et se déversent dans le nez par le canal *lacrymal*. Une peau rose et mince recouvre intérieurement les paupières et se replie pour tapisser en avant le globe de l'œil, c'est la *conjonctive*.

Hygiène du cerveau et des organes des sens.

1. Les organes des sens peuvent être développés par un exercice bien réglé. Nul n'ignore qu'on apprend à entendre, à voir, à goûter : le musicien ne juge pas des sons comme le vulgaire ; le peintre voit des nuances que nous ne percevons pas ; l'aveugle a le toucher plus délicat, etc.

2 Il en est de même pour le cerveau : comme tous nos autres organes, il est susceptible de se développer par

l'exercice. Ainsi, par exemple, la mémoire grandit quand on l'exerce ; et à des enfants qui prétextent de l'absence de mémoire pour ne pas apprendre de leçons, on peut répondre qu'ils n'en ont pas parce qu'ils n'ont pas développé, par un exercice suffisant, cette faculté de l'intelligence.

Cependant, une tension d'esprit trop longtemps prolongée, un travail trop soutenu peuvent produire des troubles cérébraux.

3. Hygiène des organes des sens. — On ne saurait prendre trop de soin des organes des sens : lorsque l'un d'eux ne remplit pas bien la fonction qui lui a été assignée, il met l'individu dans un état d'infériorité.

4. La peau, organe du toucher, doit être tenue très propre, non seulement pour maintenir la délicatesse sensitive mais encore pour faciliter la transpiration et la respiration cutanées.

5. Le goût perd de sa délicatesse par l'abus des excitants, poivre, ail, moutarde, piment. L'usage du tabac et des liqueurs fortes produit un résultat analogue.

6. L'oreille doit être protégée contre les bruits violents, contre les détonations, dont la répercussion diminue la finesse de l'ouïe. Il faut éviter aussi d'introduire dans l'oreille des corps durs, qui pourraient affecter le tympan et amener la surdité. Il va sans dire que le conduit acoustique doit être maintenu très propre par l'enlèvement du *cérumen*.

7. L'œil est péniblement affecté par une lumière trop vive, mais une lumière trop faible le fatigue. Il faut éviter de regarder de trop près. C'est une mauvaise habitude de fixer très près ce qu'on lit ou ce qu'on écrit.

Il faut tenir les yeux et le nez dans un état de constante propreté. Les ablutions matinales à l'eau tiède sont salutaires.

8. L'inobservation des règles de l'hygiène peut amener des maladies locales ou généralisées, mais les causes les plus nombreuses d'affaiblissement du cerveau, du système nerveux et des organes des sens sont les abus des boissons alcooliques, du tabac, des excitants de toutes sortes, qui provoquent d'abord la perte de la mémoire et l'affaiblissement des autres facultés de l'intelligence, puis la paralysie, la folie et la mort.

9. Apoplexie. — *Premiers soins à donner :* Dans les cas de congestion cérébrale, rassemblez tout votre sang-froid et agissez vite.

Portez le malade au grand air, refroidissez la tête et fric-

lionnez énergiquement les membres inférieurs. S'il est possible, appliquez des ventouses (1) aux jambes ou au dos. Mettez pendant quelques minutes un objet métallique dans de l'eau bouillante, et placez-le ensuite aux jambes ou au dos pour provoquer des brûlures qui appelleront le sang à la peau. Cherchez avec le doigt, en avant du cou, les deux endroits où les artères battent et comprimez-les légèrement afin de ralentir l'arrivée du sang au cerveau. Laissez ensuite le médecin agir, et surtout la nature.

10. Convulsions. — Une grande frayeur, une vive émotion, une colère pourront déterminer des attaques convulsives. Le malade perd connaissance, tombe et s'agite toujours convulsivement.

On devra le maintenir sans violence, et seulement pour éviter que ces mouvements ne lui causent des blessures. Placez sur la tête et sur le visage des compresses maintenues froides. S'il est possible, faites respirer de l'éther. Bientôt le malade reprendra ses sens, tout est terminé.

Mais si, lorsque le malade a cessé de s'agiter, ses membres se raidissent et se refroidissent, si sa respiration est ralentie, frictionnez rapidement la peau, et provoquez la respiration par tous les moyens indiqués précédemment.

11. Convulsions des enfants. — C'est habituellement pendant le travail de la dentition que se produit chez les enfants cet accident des convulsions. Les mères connaissent comme d'instinct les symptômes effrayants de cette terrible maladie.

Déshabillez l'enfant, mettez-le dans un lit échauffé par des briques, des cruchons, etc., en maintenant froide, à l'aide de compresses, sa tête, élevée sur un coussin un peu dur. Évitez autour de lui toute conversation ou tout bruit qui pourrait le surexciter.

Pendant ce temps, faites préparer un bain, tiède seulement, dans lequel vous plongerez l'enfant en ayant toujours soin de maintenir froide sa tête. Aidez les vomissements qui pourront se produire si l'enfant vient de manger.

RÉSUMÉ

1. Les sens. — L'homme possède cinq sens : le *toucher*,

(1) Pour faire une ventouse, on place dans un verre à boire un peu de papier allumé, et, quand il est presque complètement brûlé, on retourne le verre qu'on applique brusquement sur la peau par ses bords. On voit bientôt la peau rougir, se gonfler et pénétrer dans le verre.

le *goût*, l'*odorat*, l'*ouïe*, la *vue*, et cinq organes pour ces cinq sens : la *peau*, la *langue*, le *nez*, les *oreilles*, les *yeux*.

2 Toucher. — 1-2. Le toucher a pour organes la *peau*, et surtout la *main*.

3. Goût. — 1-2. C'est la *langue* qui perçoit les sensations du goût, grâce aux *papilles* qui la tapissent à sa partie supérieure.

4. Odorat. — 1-2. Les *odeurs* sont perçues par les *fosses nasales*, dans lesquelles se ramifie le *nerf olfactif*.

5. Ouïe. — 1 à 6. L'*oreille* perçoit les *sons*. Elle se compose de l'*oreille externe* (pavillon, conduit auriculaire) ; de l'*oreille moyenne* (tympan, caisse traversée par quatre osselets), et de l'*oreille interne* (vestibule, limaçon). Les vibrations sont recueillies par le *nerf acoustique*.

6. Vue. — 1 à 5. La *lumière* est perçue par l'*œil*. L'œil est un globe formé de trois enveloppes : la *sclérotique* qui, en avant dans sa partie bombée et transparente, s'appelle la *cornée transparente*, la *choroïde* et la *rétine*, ou épanouissement du nerf optique qui tapisse le fond de l'œil. En arrière de la cornée, se trouve l'*iris* percé de la *pupille* ; derrière la pupille, le *cristallin*. Les liquides qui baignent l'œil sont : en avant, l'*humeur aqueuse* ; en arrière, l'*humeur vitrée*. Les parties acessoires de l'œil sont : les *paupières* avec leurs *cils*, les *glandes lacrymales* et la *conjonctive*.

Questionnaire.

1. Les organes des sens peuvent-ils être développés ? — Comment ? — **2.** Les facultés dont le cerveau est le centre peuvent-elles être développées ? — Comment ? — Que peut produire une tension d'esprit trop longue ? — **3.** Quels soins réclament les organes des sens ? — **4.** La peau ? — **5.** Le goût ? — **6.** L'oreille ? — **7.** L'œil ? — **8.** Quelles sont les causes les plus fréquentes des maladies ?

1. Combien l'homme a-t-il de sens ? — Quels sont les organes des sens ? — **2-1.** Quel est l'organe du toucher ? — **2.** L'organe spécial du toucher ? — **3-1.** Que savez-vous de la langue ? — **2.** Comment la langue perçoit-elle les sensations ? — **4-1.** Comment les odeurs sont-elles produites ? — **2.** Que savez-vous du nez ? — **5-1.** Par quoi sont formés les sons ? — **2.** Comment divise-t-on l'oreille ? — **3.** Que savez-vous de l'oreille externe ? — **4.** De l'oreille moyenne ? — **5.** De l'oreille interne ? — **6.** Comment se transmettent les vibrations sonores ? — **6-1.** Que faut-il pour qu'un objet soit visible ? — **2.** Qu'appelle-t-on cornée ? — Sclérotique ? — **3.** Qu'appelle-t-on iris ? — Pupille ? — Cristallin ? — **4.** Rétine ? — Humeur aqueuse ? — Corps vitré ? — **5** Comment se forment les images dans l'œil ? — Quelles sont les parties accessoires de l'œil ?

RÉDACTION. — L'oreille ; sa composition. — Rôle de chacune de ses parties.

CHAPITRE X

ALCOOLISME

1. Alcoolisme. — 1. L'alcoolisme est l'empoisonnement chronique qui résulte de *l'usage habituel de l'alcool,* alors même que celui-ci ne produirait pas l'ivresse.

2. L'habitude de boire des eaux-de-vie conduit rapidement à l'alcoolisme; mais les boissons dites hygiéniques contiennent aussi de l'alcool; il n'y a qu'une différence de doses : l'homme qui *boit chaque jour* une quantité *immodérée* de vin, de cidre ou de bière, devient aussi sûrement alcoolique que celui qui boit de l'eau-de-vie.

Ainsi, un verre de vin ou d'eau-de-vie le matin, l'apéritif avant de déjeuner, un petit verre de liqueur dans le café, l'apéritif avant le dîner, en ajoutant çà et là quelques autres consommations alcooliques (vin, bière ou liqueur) soi-disant exigées par le travail ou les affaires, tel est le régime modéré (?) de milliers de gens. Ce régime honnête conduit rapidement à l'alcoolisme. (*Union française antialcoolique.*)

3. L'alcool pur tue un homme à la dose de 1 décilitre. Les boissons dites *apéritives* (absinthes, vermouts, amers), les liqueurs aromatiques (vulnéraires, eaux de mélisse, ou de menthe, etc.) sont plus pernicieuses encore parce qu'elles contiennent, outre l'alcool, des essences qui sont, elles aussi, des poisons violents.

4. L'habitude de boire entraîne la désaffection de la famille, l'oubli de tous les devoirs sociaux, le dégoût du travail, la misère, le vol et le crime.

Elle mène pour le moins à l'hôpital : car l'alcoolisme engendre les maladies les plus variées et les plus

meurtrières, les paralysies, la folie, les affections de l'estomac et du foie (fig. 63-66), l'hydropisie; il est une des causes les plus fréquentes de la tuberculose. Enfin, il complique et aggrave toutes les maladies aiguës : une fièvre typhoïde, une pneumonie, un érysipèle, qui seraient bénins chez un homme sobre, tuent rapidement le buveur alcoolique.

5. Aussi est-ce dès l'enfance qu'il faut faire la guerre

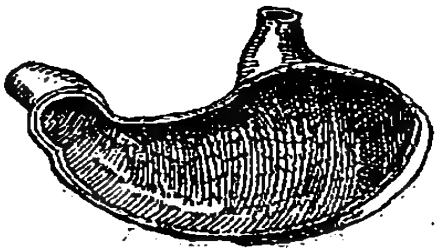


Fig. 63. — Estomac sain (coupe).

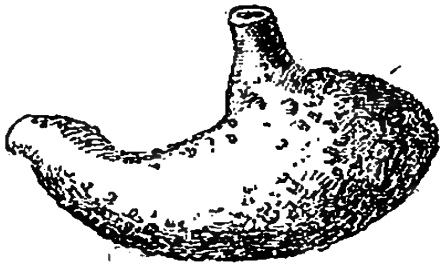


Fig. 64. — Estomac altéré (gastrite).

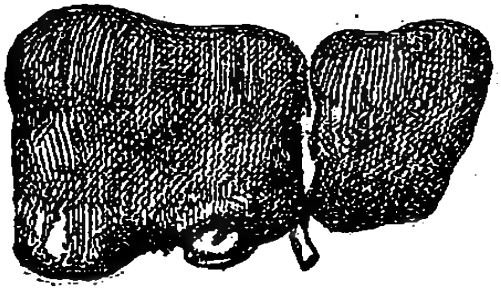


Fig. 65. — Foie sain

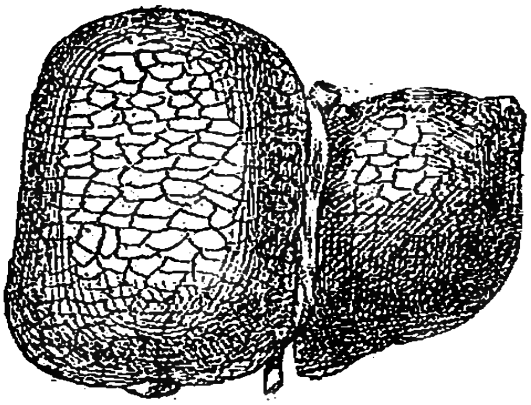


Fig. 66. — Foie hypertrophié d'un alcoolique.

a l'alcool : pendant les premières années de la vie, on doit proscrire même le vin et ne tolérer jamais le morceau de sucre (appelé communément *canard*) trempé dans une boisson alcoolique.

6. C'est une erreur de dire que l'alcool est nécessaire aux ouvriers qui se livrent à des travaux fatigants, qu'il donne du cœur à l'ouvrage ou qu'il répare les forces; l'excitation artificielle qu'il procure fait bien vite place à la dépression nerveuse et à la faiblesse; en réalité, l'alcool n'est utile à personne, il est nuisible pour tout le monde.

La preuve que l'alcool ne *fortifie pas*, c'est que tous

ceux qui doivent faire une grande dépense d'énergie s'en abstiennent absolument (coureurs, cyclistes, guides, ascensionnistes).

Et d'ailleurs, c'est dans les pays où la consommation de l'alcool est la plus grande que le nombre des hommes impropres au service militaire est le plus grand. Il y a cent ans la Normandie fournissait à l'armée française le plus fort contingent de cuirassiers. Devenue aujourd'hui le principal centre de l'alcoolisme elle a perdu ce privilège. Le recrutement a du abaisser la taille réglementaire pour ce corps de cavalerie et dans la région le tremblement alcoolique chez les conscrits est plus fréquent que partout ailleurs. En définitive l'alcool fait perdre à la France un corps d'armée par an.

7. La **criminalité** augmente avec la consommation de l'alcool. Ainsi, dans le département de la Seine-Inférieure, l'un des départements qui consomment le plus d'alcool, on compte 1 condamné pour 130 habitants ; alors que dans la Creuse, un des départements où l'on en consomme le moins, on compte 1 condamné par 1.504 habitants. En France 82 p. 100 des condamnés pour crimes contre les personnes, 75 p. 100 des récidivistes sont des buveurs d'alcool. Les jours ou l'on boit (Samedi, Dimanche, Lundi) sont les jours de crimes et d'accidents du travail.

8. La **folie** suit la progression de l'alcoolisme qui de 1897 à 1907 était en augmention de 55 p. 100. En une année, dans la province d'Alger, on a compté 2 cas de folie sur 1.258.000 Arabes (qui ne boivent jamais d'alcool) ; on en compte 14 sur 113.000 Français !

Sur 2.500 alcooliques internés durant un laps de dix années dans le service de la ville Evrard 66,74 p. 100 ont accompli des actes graves qualifiés en temps ordinaires de crimes ou délits.

9. L'alcool ne frappe pas seulement celui qui le boit, mais encore ses enfants ; s'ils dépassent les premiers mois, ils sont menacés d'idiotie et d'épilepsie, ou bien

encore ils sont emportés un peu plus tard par la méningite tuberculeuse ou par la phtisie. Un docteur de Bâle, M. Bunge, a examiné 659 familles, dont il a classé les parents comme suit :

a	183 ne buvant pas.
b	240 buveurs modérés, moins de 1 litre de vin par jour.
c	133 buveurs immodérés, plus de 1 litre.
d	103 buveurs ivrognes.

Or, chez ces observés et chez leurs enfants, la tuberculose se répartit ainsi :

	a	*b*	*c*	*d*
Chez les enfants . .	4,3 p. 100	5,8	10,1	13,6
Chez le père	14 p. 100	14,8	22.2	29,3

Sur 215 familles de buveurs comportant 814 individus, parfois jusqu'à 4e génération le docteur Legrain a trouvé 30 p. 100 de buveurs, 50 p. 100 de faibles d'esprit, 10 p. 100 de criminels ou de pervers, 20 p. 100 d'épileptiques, 22 p. 100 d'aliénés, 14 p. 100 de faibles et de tuberculeux.

Laisser s'étendre la production et la vente de l'alcool sous le prétexte que celles-ci procurent des sommes précieuses au trésor est une naïveté. Les recettes acquises par les impôts sur les boissons alcooliques sont aussitôt englouties par les dépenses qu'entraînent les méfaits de l'alcool : assistance publique, asiles d'aliénés, prisons sans préjudice bien entendu de la moins value économique résultant du déchet des naissances et des forces vitales des buveurs et de leur descendance.

2. Tabac. — L'usage du *tabac* a également de funestes effets sur le cerveau et aussi sur le cœur, surtout chez les enfants. Il est sage de s'en abstenir complètement.

RÉSUMÉ

1. **Alcoolisme.** — 1-2. L'alcoolisme est un empoisonnement du sang par l'alcool. On peut devenir alcoolique avec le vin, le cidre ou la bière pris en trop grande quantité.

3. L'*absinthe*, les *amers*, les *liqueurs aromatiques* sont encore plus dangereux que l'alcool.

4. L'alcool mène à l'*hôpital*, à la *folie ;* il *aggrave* toutes les maladies.

5. Pendant les *premières années de sa vie*, l'enfant doit éviter *toute boisson alcoolique*, même étendue d'eau ; à plus forte raison les *canards*.

9. L'*alcool ne fortifie pas ;* il prive chaque année la France d'un corps d'armée.

7. La *criminalité* augmente avec la consommation de l'alcool.

8. La *folie* suit la même progression que la consommation de l'alcool.

9. L'*alcoolique* se fait du *mal* à lui-même, il en fait encore à ses enfants.

2. **Tabac.** — L'usage du tabac est mauvais, parfois dangereux.

Questionnaire.

1-1. Qu'est-ce que l'alcoolisme ? — 2. Comment peut-on devenir alcoolique ? — 3. Que faut-il penser des apéritifs ? — 4. Indiquez les conséquences de l'abus de l'alcool. — 5. Les boissons alcooliques sont-elles bonnes pour les enfants ? — 6. Prouvez que l'alcool ne fortifie pas. — 7. Existe-t-il des rapports entre l'alcoolisme et la criminalité ? — 8. Entre l'alcoolisme et la folie ? — 9. Entre l'alcoolisme chez les parents et la tuberculose chez les enfants ? — 2. Quels sont les funestes effets du tabac ?

Rédaction. — L'alcool est un poison. Montrez-en les effets funestes sur l'organisme : estomac, intestin, foie, cerveau, etc. Comment s'alcoolise-t-on ?

CHAPITRE XI

LES ANIMAUX

1. Utilité des classifications. — Pour la facilité de l'étude, on a placé ensemble, dans un même groupe, les animaux présentant les mêmes caractères, de sorte que, les caractères généraux du groupe une fois indiqués, il ne sera plus nécessaire de les répéter pour chaque individu du groupe. De là l'utilité et l'avantage des classifications.

2. Embranchements. — Nous diviserons les animaux en deux grands groupes ou embranchements bien distincts :

Les *Vertébrés*, | Les *Invertébrés*,

que nous subdiviserons ensuite, quand la nécessité s'en fera sentir.

VERTÉBRÉS

3. Caractères généraux. — Les Vertébrés ont une colonne vertébrale soutenant un squelette osseux. Ce *squelette* est tantôt compliqué, comme chez l'homme, le bœuf ou l'hirondelle, ou simplifié comme chez le serpent, où on ne trouve que la colonne vertébrale et les côtes (fig. 67).

Tous les Vertébrés ont en outre du *sang rouge* : d'une blessure faite à un chat, une grenouille, un poisson, s'échappe du sang rouge.

Les caractères généraux des vertébrés sont donc un *squelette* et du *sang rouge*.

4 Embranchement des vertébrés. — 1. Les Vertébrés sont encore si nombreux: lion, pigeon, lézard, grenouille, brochet, etc., et ils présentent, d'autre part, de si grandes différences entre eux, qu'il est utile de les subdiviser en groupes plus petits, en *classes*.

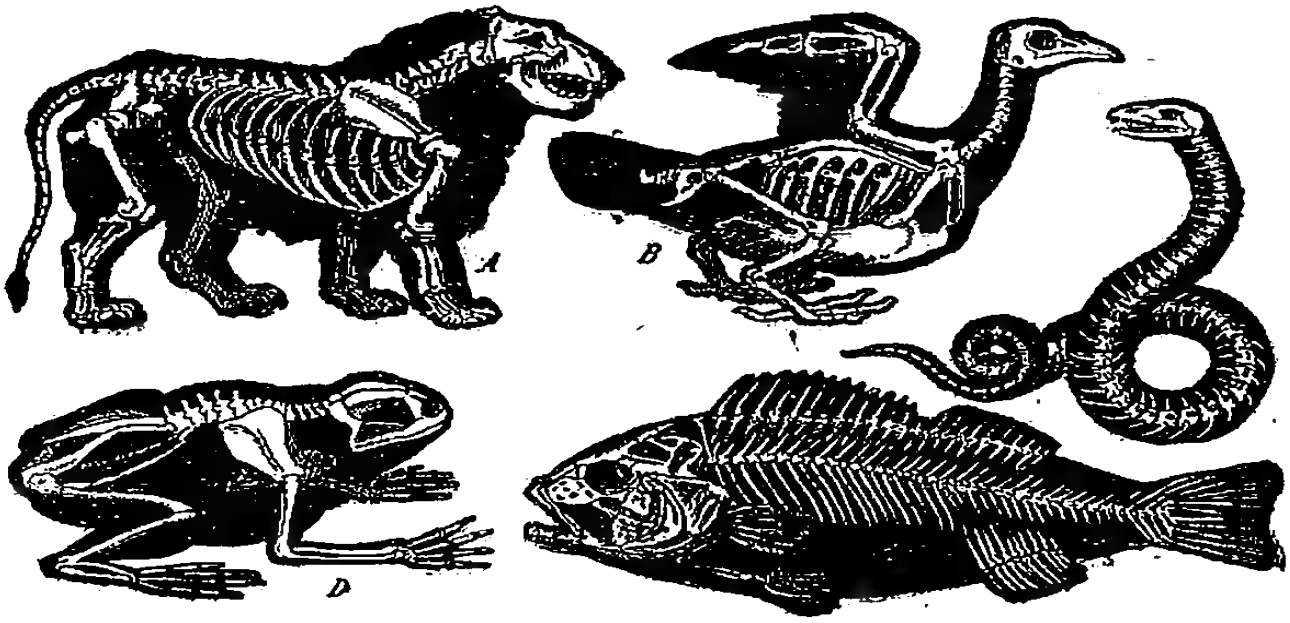


FIG. 67. — *Les Vertébrés*. A, mammifères. B, oiseaux. C, reptiles. D, batraciens. E, poissons.

2. Le groupe des Vertébrés comprend cinq classes :

Mammifères,	*Reptiles*,	*Poissons*.
Oiseaux,	*Batraciens*,	

3. Les MAMMIFÈRES sont ainsi appelés parce qu'ils allaitent leurs petits à l'aide de *mamelles*. Ils ont généralement le corps recouvert de poils ; ils ont le *sang chaud ;* tels sont : le lion, le lapin, le cheval, la baleine, etc.

4. Les OISEAUX ont le corps recouvert de plumes ; ils *pondent des œufs* d'où sortent les petits, qui ne sont pas allaités ; ils ont également le *sang chaud :* tels l'aigle, l'hirondelle, la poule.

5. Les REPTILES ont la peau nue, d'apparence écailleuse ; ils sont bas sur pattes ; certains même n'ont

pas de pattes et *rampent ;* leur sang est à température variable : tels la tortue, le lézard, la couleuvre.

6. Les BATRACIENS ont la peau *nue*, ils subissent des *métamorphoses* pendant leur vie, d'abord aquatique, puis aérienne : tels la grenouille, le crapaud.

7. Les POISSONS ont le corps recouvert *d'écailles ;* ils *respirent dans l'eau*, leurs membres sont remplacés par des *nageoires ;* leur sang est à température variable : tels le brochet, l'anguille, le saumon.

I. — MAMMIFÈRES

5. **Classes des mammifères.** — Tous les Mammifères ont le corps recouvert de poils; ils allaitent leurs petits, ils ont le corps chaud et respirent dans l'air avec des poumons, ils offrent cependant entre eux des différences nombreuses et sensibles qui permettent de les classer en douze ordres, en tenant compte de la forme et de la disposition de leurs doigts et de leurs dents :

Bimanes,	*Pachydermes*,
Quadrumanes,	*Ruminants*,
Carnivores,	*Édentés*,
Insectivores,	*Amphibies*,
Cheiroptères,	*Cétacés*,
Rongeurs,	*Marsupiaux*.

6. **Bimanes.** — Les Bimanes (animaux à deux mains) comprennent l'homme, dont nous avons fait une étude spéciale dans la première partie de cet ouvrage.

7. **Quadrumanes ou singes.** — CARACTÈRES DISTINCTIFS. — Les Singes sont les animaux qui ressemblent le plus à l'homme. Ils n'ont cependant pas la station droite, ils marchent sur leurs quatre membres ; ce n'est qu'accidentellement que l'orang-outang se tient debout, encore s'aide-t-il le plus souvent d'un support.

Comme les pieds des singes peuvent saisir les objets aussi facilement que le font leurs mains, on dit qu'ils sont *quadrumanes*, qu'ils ont quatre mains. Leurs membres sont grêles et longs ; leur système musculeux est très développé, ce qui les rend si forts et si habiles. Ils se nourrissent presque exclusivement de fruits.

L'intelligence de ces animaux est souvent très développée ; ils possèdent surtout la faculté d'imiter.

On n'en trouve pas en France à l'état libre, mais on en rencontre en Algérie, dans le reste de l'Afrique, en Asie et en Amérique.

Fig. 68. — Gorille. (Remarquer le pouce opposable du pied.)

Divers singes. — Dans cette famille nous remarquerons : les *Gorilles* (fig. 68), les *Chimpanzés*, les *Orangs-Outangs*, plus forts que l'homme ; les *Macaques*, à queue très longue ; les *Magots*, les *Ouistitis*, qui sont les plus petits singes.

8. Carnivores. — Caractères distinctifs. — Les Carnivores ou Carnassiers comprennent les mammifères qui se nourrissent de chair; ils ont les mâchoires et les doigts armés pour la chasse. Leurs doigts sont, en effet, pourvus de griffes résistantes et acérées ; leurs dents canines sont très développées (fig. 69).

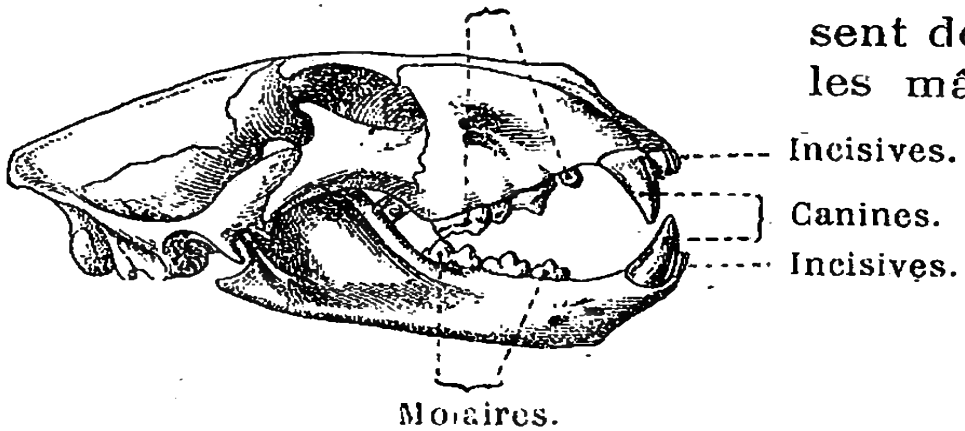


Fig. 69. — Dentition des carnassiers.

Leur système musculaire est énergique, et leurs organes des sens, surtout celui de l'odorat, sont très subtils.

Principaux Carnivores. — 1. Cet ordre est divisé en deux groupes : les *Digitigrades*, animaux qui marchent

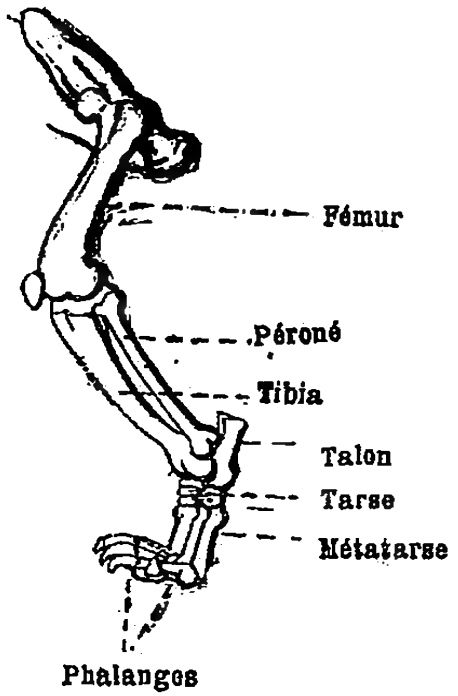


FIG. 70. — Pied de digitigrade.

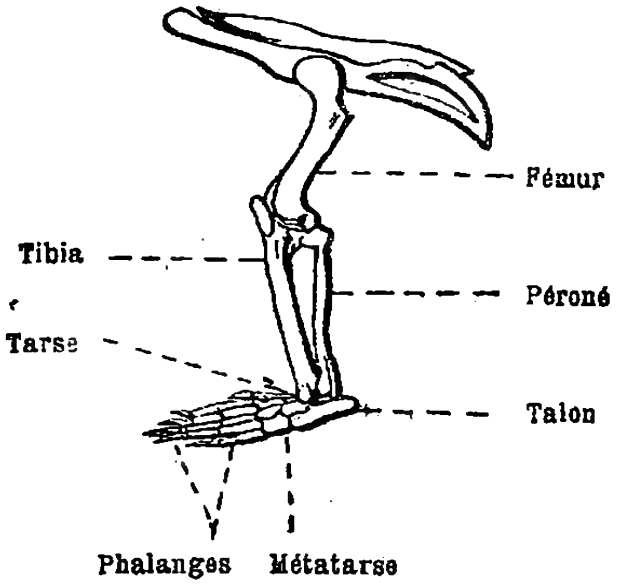


FIG. 71. — Pied de plantigrade.

sur leurs doigts (fig. 70), et les *Plantigrades*, animaux qui, dans la marche, posent à terre toute la plante des pieds (fig. 71).

2. *Digitigrades.* — Ces carnassiers, qui ressemblent au *chat*, sont des plus féroces : leurs griffes restent toujours pointues ; elles ne s'usent pas dans la marche, car elles peuvent se rentrer entre les doigts ; elles sont *rétractiles* (fig. 72).

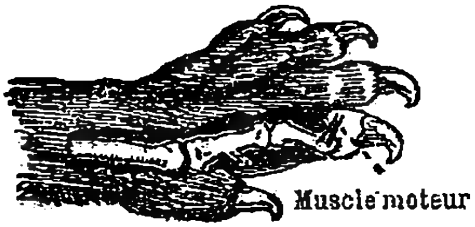
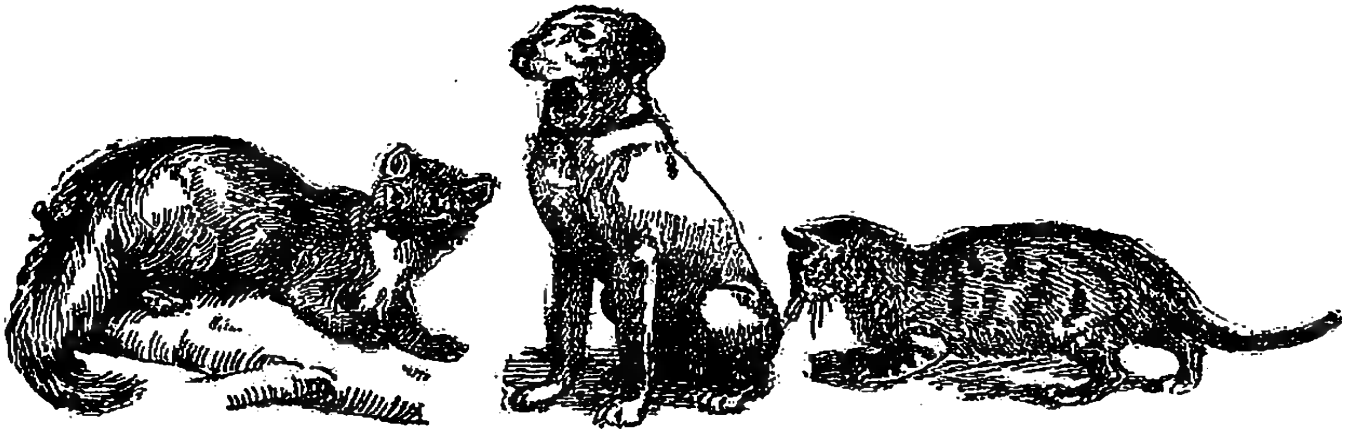


FIG. 72. — Griffe de chat à l'attaque.

Les animaux de ce genre sont : le *Chat sauvage*, le *Chat commun* (fig. 73), le *Léopard*, la *Panthère*, le *Lion*, et le plus terrible de tous, le *Tigre*, qui ne redoute rien et qui fait aux Indes de très nombreuses victimes.

Ressemblant au type *Chien*, nous trouvons tous les

chiens, les *Loups*, qui ne sont dangereux que très affamés, l'hiver, ou en bandes, en Russie : le *Renard*,



Genre Marte. Genre Chien. Genre Chat.

FIG. 73. — Types de Carnassiers.

qui ne s'attaque guère qu'aux animaux de basse-cour et au menu gibier ; le *Chacal* et l'*Hyène* d'Afrique.

Puis les *petits Carnassiers* qui sont redoutables pour nos petits animaux domestiques, tels les *Martes* ou *Martres*, les *Fouines*, les *Belettes*, les *Furets*, les *Putois*, et enfin la *Loutre*, qui se nourrit des poissons de nos rivières.

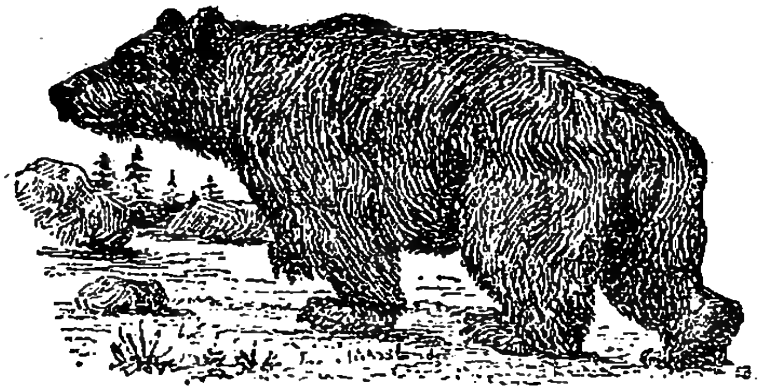


FIG. 74. — L'Ours brun (longueur 1m,60).

3. *Plantigrades*. — Les Plantigrades ne comprennent guère que les Ours ; ils sont moins terribles que les grands Digitigrades ; ils préfèrent souvent les fruits aux proies animales. Les principales espèces sont :

L'*Ours brun* (fig. 74) d'Europe, dont on trouve encore quelques échantillons dans les Alpes et les Pyrénées ; l'*Ours brun* d'Amérique ; et l'*Ours blanc* des régions polaires ; ce dernier est le plus redoutable.

RÉSUMÉ

1-2. Embranchements. — Pour faciliter l'étude des êtres du règne animal, on les a divisés en deux grands groupes ou embranchements : *Vertébrés* et *Invertébrés*.

3-4. Caractères et divisions des Vertébrés. — Les Vertébrés ont des vertèbres et le sang rouge.

Ils sont divisés en cinq classes : *Mammifères*, *Oiseaux*, *Reptiles*, *Batraciens*, *Poissons*.

5. Caractères et ordres des Mammifères. — Les Mammifères ont le corps recouvert de poils; ils allaitent leurs petits; ils ont le sang chaud; ils respirent dans l'air.

On les divise en ordres : *Bimanes*, *Quadrumanes*, *Carnivores*, *Insectivores*, *Chéiroptères*, *Rongeurs*, *Pachydermes*, *Ruminants*, *Amphibies*, *Célacés*, *Marsupiaux*.

6. Bimanes. — Cette classe ne comprend que l'homme, précédemment étudié.

7. Singes. — Les Singes sont quadrumanes : *Chimpanzés*, *Orang-outangs*, *Ouistitis*.

8. Carnivores. — Les Carnassiers se nourrissent de chair; leurs canines sont très développées, leurs doigts sont garnis de griffes.

Ils comprennent les *Digitigrades* et les *Plantigrades*.

Les Digitigrades réunissent les *genres Chat :* Panthère, Lion, Tigre ; le *genre Chien :* Loup, Renard; le *genre Marte*, les petits Carnivores : Martre ou Marte, Fouine, Loutre.

Les Plantigrades renferment les Ours.

Questionnaire.

1. Quelle est l'utilité des classifications? — **2.** Quels sont les deux grands groupes ou embranchements du règne animal? — **3.** Quels sont les caractères des Vertébrés ? — **4-1.** Comment se divisent les groupes ou embranchements ? — **2.** Citez les classes des Vertébrés. — **3.** Quels sont les caractères distinctifs des Mammifères? — **4.** Des Oiseaux? — **5.** Des Reptiles ? — **6.** Des Batraciens ? — **7.** Des Poissons?— **5.** Nommez les ordres des Mammifères. — **6.** Que comprend l'ordre des Bimanes ? — **7.** Quels sont les caractères distinctifs des Quadrumanes ou singes ? — **8.** Nommez les singes les plus connus. — **9-1.** Quels sont les caractères distinctifs des Carnassiers ? — **2.** Comment les divise-t-on ? — **3.** Nommez les principaux carnassiers digitigrades. — **4.** Les carnassiers plantigrades.

RÉDACTION. — **Le chat : ses caractères physiques ; ses instincts. Les animaux qui lui ressemblent le plus.**

Taupe. Musaraigne. Hérisson.

Types d'Insectivores.

CHAPITRE XII

I. — LES MAMMIFÈRES (*Suite*)

1. Insectivores. — Caractères distinctifs. — Ces mammifères se nourrissent presque exclusivement d'insectes : ils sont de petite taille. Ils possèdent les trois espèces de dents mais leurs molaires sont pointues (fig. 75).

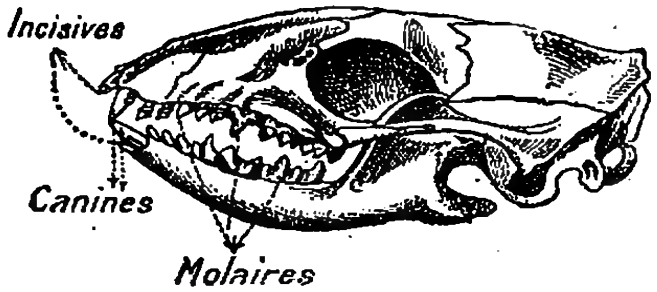


Fig. 75.
Dentition des insectivores.

Divers insectivores. — Tels sont : le *Hérisson* très utile dans nos jardins, où il détruit les insectes et leurs larves ; la *Musaraigne* plus petite que la souris, mais à museau très allongé, mange aussi bien le grain que les insectes ; la *Taupe*, dont les mains présentent la forme de pelles, vit sous terre, où elle se creuse des galeries, à la recherche des insectes : elle devrait, comme le hérisson, trouver grâce auprès des jardiniers, car si parfois, dans sa chasse aux larves, elle enlève les racines de quelque légume, en revanche elle purifie la terre de ses insectes. Son odorat est son seul guide, car ses yeux sont très petits, et ils ne lui servent de rien dans son existence toujours obscure. En somme, la taupe est un animal *utile* aux jardins et aux champs.

2. Cheiroptères. — Caractères distinctifs. — Les Chéiroptères, ou animaux à *mains transformées en ailes*, présentent cette particularité d'avoir un repli de leur peau qui réunit chaque membre supérieur à son correspondant inférieur, ainsi que les doigts démesurément allongés. Ils peuvent alors, grâce aux mouvements rapides imprimés à ces membranes, s'élever dans l'air à la façon des oiseaux : c'est d'ailleurs le seul caractère qu'ils aient de commun avec ces animaux. Ils sont nocturnes et s'engourdissent l'hiver. Ils se nourrissent d'insectes.

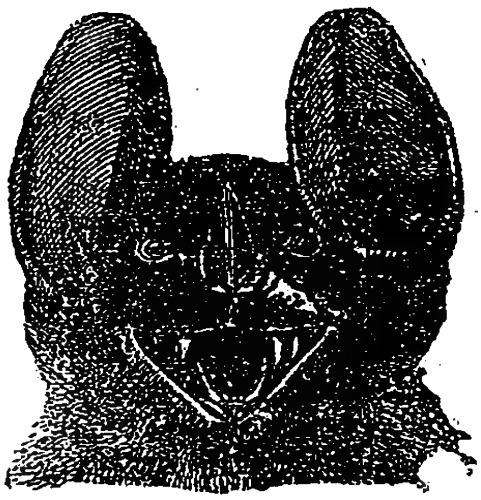


Fig. 76. — Vampire.

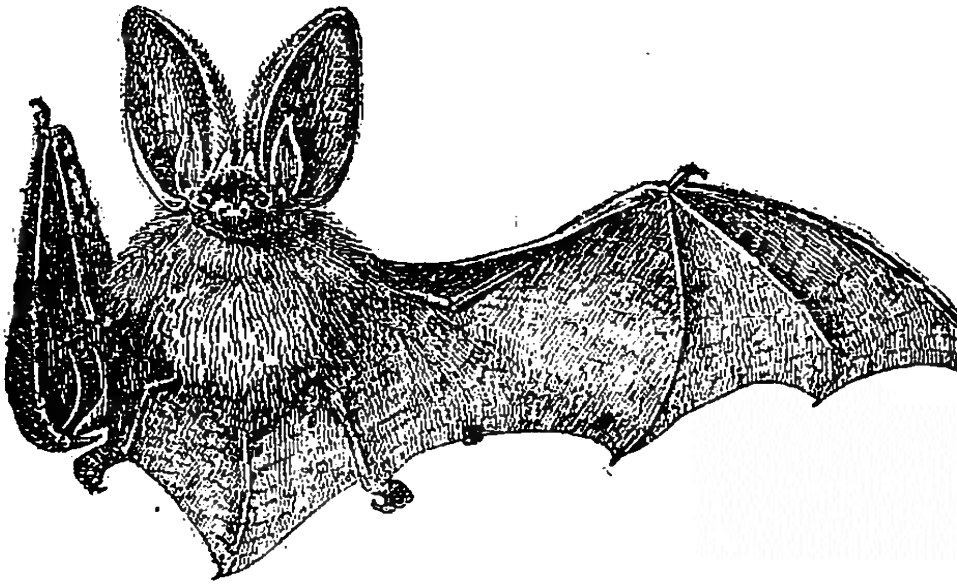
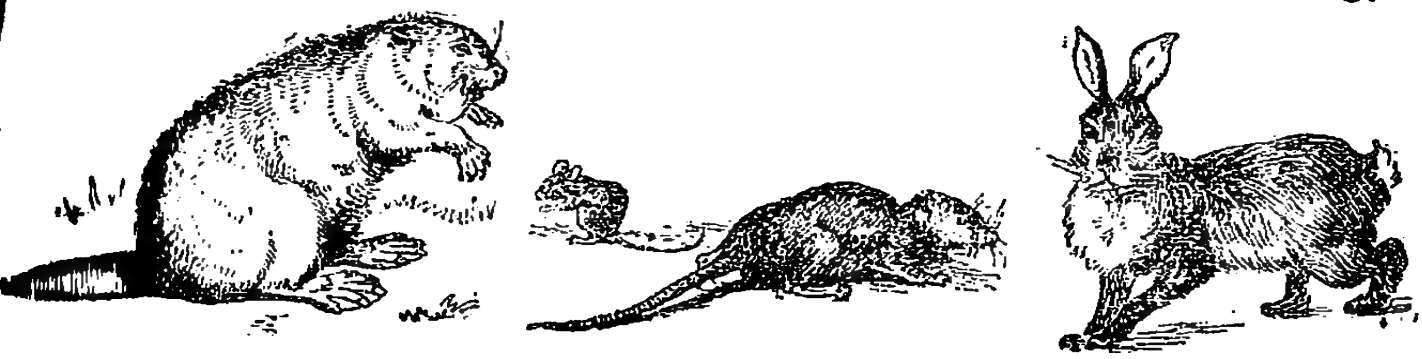


Fig. 77. — Chauve-souris.
Largeur des deux ailes déployées, 20 cm

Divers Chéiroptères. — Cet ordre comprend les *Chauves-souris* proprement dites et les *Roussettes*.

Les *Chauves-souris* (fig. 77), qui ne sont pas chauves, mais recouvertes de poils, vivent dans nos climats et commencent leur chasse au crépuscule.

Les *Roussettes*, de taille plus grande, habitant les contrées chaudes, se nourrissent de fruits ; une espèce, le *Vampire*, originaire de l'Amérique, peut présenter 0 m. 50 d'envergure ; le Vampire a la langue armée de pointes aiguës : il s'attaque aux volatiles et même au menu bétail ; il boit le sang qui s'écoule de la blessure faite à l'aide de sa langue.



Castor. Rat. Lapin.

FIG. 78. — Types de Rongeurs.

3. **Rongeurs.** — CARACTÈRES DISTINCTIFS. — Les animaux de cet ordre, de petite taille en général, ont les mâchoires organisées pour ronger. Ils ne possèdent pas de canines et leurs incisives, dépourvues d'émail en arrière, prennent la forme d'un biseau en s'usant par le frottement, mais elles possèdent aussi la propriété de repousser à mesure qu'elles s'usent (fig. 79).

La mâchoire inférieure se meut surtout d'arrière en avant.

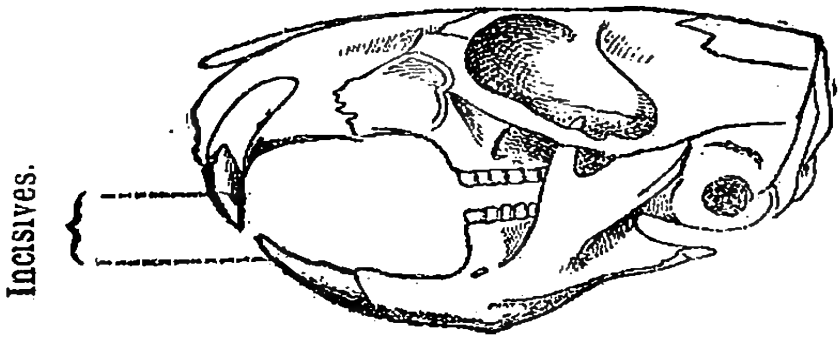
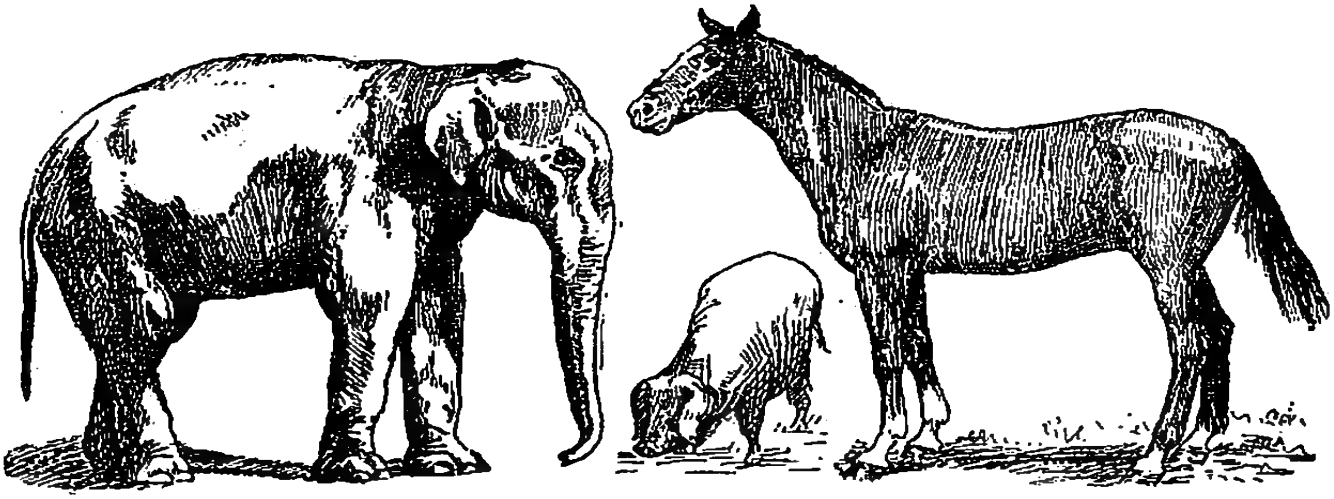


FIG. 79. — Dentition des Rongeurs.

Les Rongeurs sont pour la plupart herbivores ou frugivores, mais quelques-uns d'entre eux sont omnivores. Presque tous sont nuisibles à l'agriculture. Ils n'ont d'utilité que par la nourriture qu'on tire de certains d'entre eux.

Principaux Rongeurs. — A cet ordre appartiennent l'*Écureuil*, agile et gai ; les *Souris* et les *Rats*, hôtes incommodes de nos habitations ; les *Lapins* et les *Lièvres*, dont on excuse les méfaits parce qu'ils servent à notre nourriture ; les *Mulots* et les *Campagnols*, qui commettent d'importants dégâts dans nos récoltes ; le *Loir* et la *Marmotte*, tous deux hibernants ; la sautillante *Gerboise*, l'industrieux *Castor* (fig. 78) et le *Porc-épic*, aux piquants raides et aigus.



Éléphant. (*Proboscidien.*) Porc domestique. (*Fissipède.*) Cheval. (*Solipède.*)
FIG. 80. — Types de Pachydermes.

4. Pachydermes. — CARACTÈRES DISTINCTIFS. — L'ordre des Pachydermes renferme les plus gros animaux terrestres. Il comprend les mammifères à peau dure et épaisse.

Ces animaux sont dépourvus de doigts libres et séparés ; leurs doigts plus ou moins soudés entre eux et enfermés dans une masse cornée forment un seul *sabot*, ou plusieurs divisions, moindres que 5, sauf chez l'éléphant.

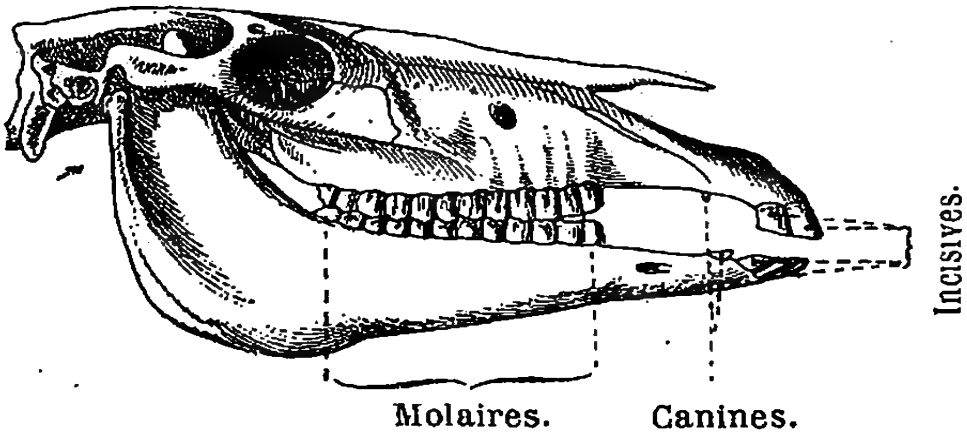


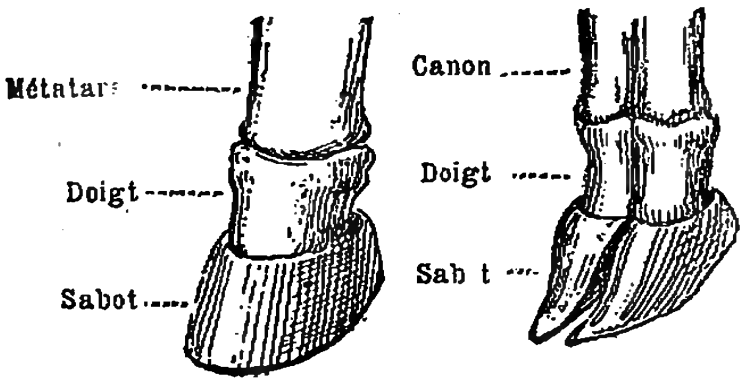
FIG. 81. — Dentition des Pachydermes.

Tous les Pachydermes sont herbivores, et, comme tous les herbivores, ils ont le canal digestif très développé. Ils ont les trois espèces de dents (fig. 81).

Principaux Pachydermes. — 1. Le plus gros des Pachydermes est l'*Éléphant*, remarquable par son énorme masse, par son nez démesurément allongé ou *trompe*, qui lui sert d'organe de préhension, et par deux défenses en ivoire qui sont le prolongement de deux dents.

On distingue deux espèces d'éléphants : l'*Éléphant d'Asie*, très haut de taille et à petites oreilles, et l'*Éléphant d'Afrique*, plus petit et à grandes oreilles. C'est l'éléphant d'Asie qu'on emploie, à l'état domestique, pour porter des fardeaux ; il est plus docile que l'éléphant d'Afrique.

2. D'autres gros Pachydermes sont les *Hippopotames*, qui nagent avec une grande facilité et qui recherchent surtout les bords des fleuves et des marécages de l'Afrique centrale ; les *Rhinocéros*, porteurs d'une corne sur le nez; le *Sanglier* ou cochon sauvage, à dents canines recourbées en forme de défenses ; le *Porc* ou cochon domestique, d'une extrême voracité, d'une facilité très grande à nourrir et d'un grand rapport pour son éleveur.



Le sabot du Cheval. Pied fendu du Bœuf.

FIG. 82.

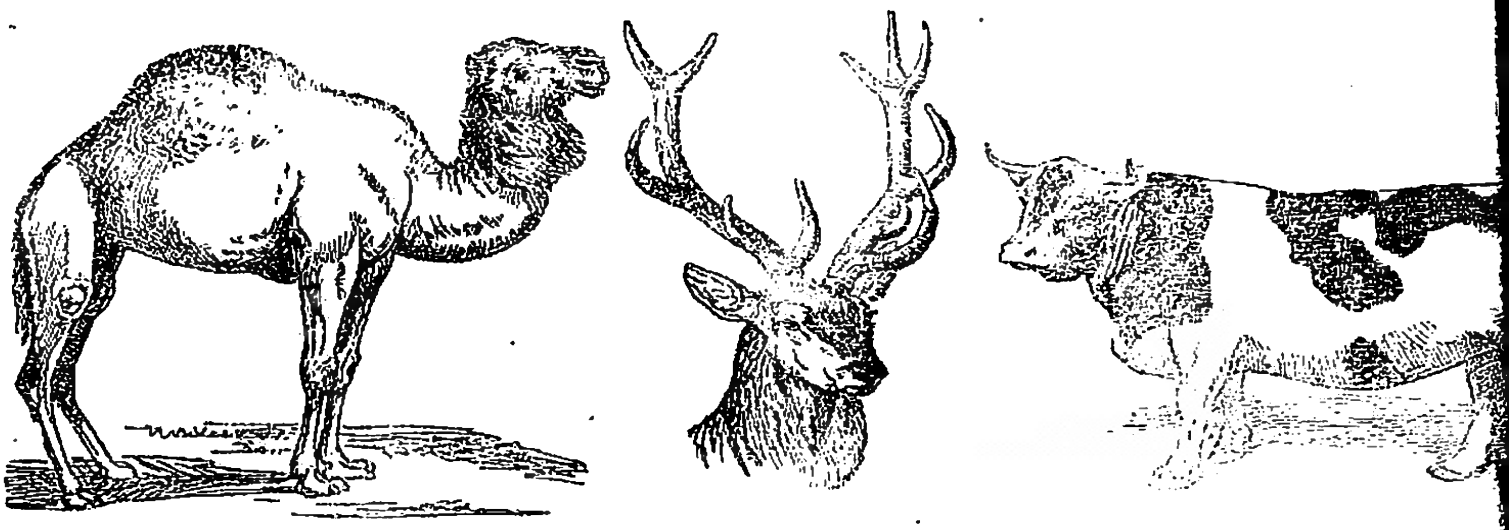
3. Les Pachydermes à un seul sabot à chaque pied (fig. 82) renferment : le *Cheval*, un des plus précieux des animaux domestiques ; l'*Ane*, qui vaut mieux que sa réputation, et qui mériterait un meilleur traitement que celui qu'il reçoit d'ordinaire ; le *Zèbre*, fort difficile à domestiquer.

5. **Ruminants.** — CARACTÈRES DISTINCTIFS. — 1. Les Ruminants tirent leur nom de la propriété qu'ils possèdent de *ruminer* leurs aliments, c'est-à-dire de les faire revenir de nouveau dans la bouche, après les avoir avalés une première fois.

Ils ont le sabot fendu en deux (fig. 82).

2. Les Ruminants sont tous herbivores et ne présentent pas de canines à la mâchoire supérieure (fig. 84).

Leur estomac n'est pas simple comme chez les autres animaux ; il est divisé en quatre poches : la *panse* et



Chameau. Cerf. Bœuf.

FIG. 83. — Types de ruminants.

le *bonnet*, le *feuillet* et la *caillette* (fig. 85) ; la panse est de beaucoup la plus volumineuse des quatre.

3. Lorsque le ruminant mange, les herbes incomplètement broyées glissent dans la panse, puis dans le bonnet.

Rentré à l'étable et couché, le ruminant fait revenir les aliments du bonnet dans la bouche, les soumet à une nouvelle

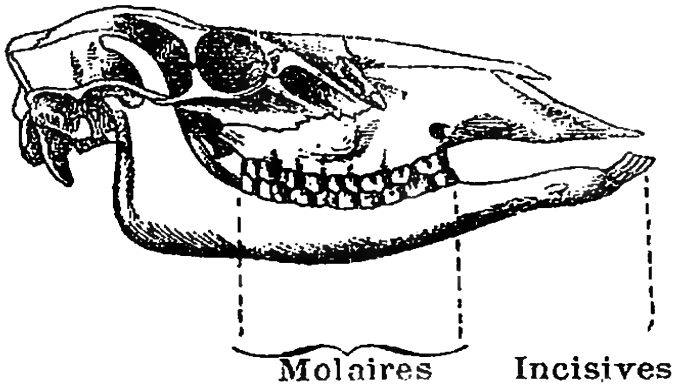


FIG. 84. Dentition des Ruminants.

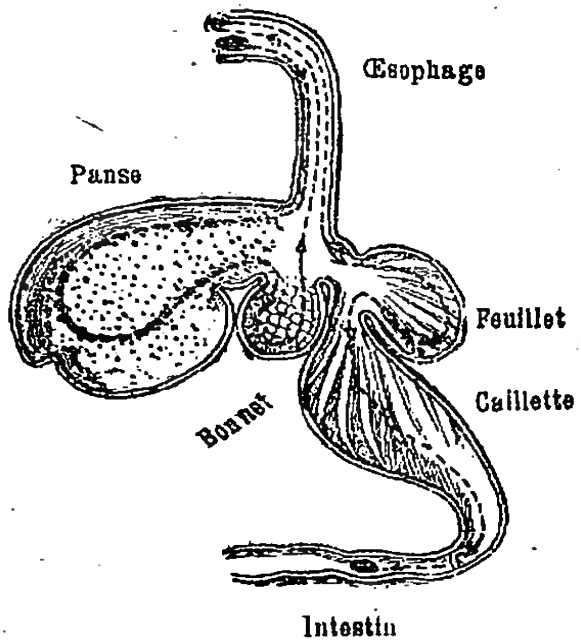


FIG. 85. — Estomac des Ruminants.

trituration. Les aliments, transformés en une bouillie très fluide, repassent dans l'œsophage, glissent sur l'ouverture des deux premières poches et coulent dans le feuillet et la caillette, où ils sont seulement digérés. Ils se rendent alors dans les intestins, qui, chez tous

les herbivores, sont très longs. Ainsi, chez le bœuf, la longueur des intestins dépasse vingt-cinq fois la longueur de son corps, alors que chez le lion elle n'est que de trois fois celle de son corps.

4. Les animaux de cet ordre rendent les plus grands services à l'homme, qui utilise toutes les parties de leur corps, soit pour sa nourriture, soit pour ses autres besoins ; il en tire, en effet, la chair, la graisse, la peau, la laine, la corne, etc.

Principaux Ruminants. — A cet ordre appartiennent : les *Bœufs*, dont l'homme tire tant de profits de tous genres ; les *Moutons*, les *Chèvres*, le *Chevreuil*, le *Cerf ;* et, parmi les espèces d'autres climats que le nôtre : les *Chameaux*, (fig. 83) remarquables par leur sobriété, et qui rendent de si grands services aux Arabes ; le *Dromadaire ;* les *Rennes*, qui remplacent chez les Lapons le cheval, la vache, la brebis ; la *Girafe*, si bizarre avec son long cou qui supporte une petite tête.

RÉSUMÉ

1. Insectivores. — Les Insectivores se nourrissent d'insectes; leurs molaires sont pointues : *Hérisson*, *Taupe*.

2. Chéiroptères. — Les Chauves-souris ont les membres et les doigts des mêmes côtés reliés par une membrane, qui leur permet de s'élever et de se diriger dans l'air.

3. Rongeurs. — Les Rongeurs sont caractérisés par de fortes incisives et l'absence de canines.

Les Rongeurs sont, pour la plupart, herbivores ou frugivores, quelques-uns sont omnivores. Presque tous sont nuisibles.

Les principaux Rongeurs : sont l'*Écureuil*, le *Rat*, le *Lapin*, le *Mulot*, le *Loir*, le *Castor*.

4. Pachydermes. — Les Pachydermes ont la peau très épaisse et dure, tels l'*Éléphant*, l'*Hippopotame*, le *Porc*, le *Cheval*, l'*Ane*.

5. Ruminants. — Les Ruminants font revenir leurs aliments une seconde fois dans la bouche; leur estomac est formé de quatre poches.

A cet ordre appartiennent le *Bœuf*, le *Mouton*, le *Chameau*, la *Girafe*.

Questionnaire.

1. Quels sont les caractères distinctifs des Insectivores ? — Nommez quelques Insectivores. — **2.** Quels sont les caractères distinctifs des Chéiroptères ? — Citez quelques Chéiroptères. — **3.** Qu'est-ce qui caractérise les Rongeurs ? — Ces animaux sont-ils utiles ? — Nommez les principaux. — **4.** Quels sont les caractères distinctifs des Pachydermes ? — Que savez-vous des Éléphants ? — Citez les autres Pachydermes connus. — Les Pachydermes à un seul sabot. — **5-1.** Quels sont les caractères distinctifs des Ruminants ? — **2.** Que savez-vous de l'estomac des Ruminants ? — 3. Comment se fait la digestion chez les Ruminants ? — 4. A quoi nous servent les Ruminants ? — Citez les principaux Ruminants.

RÉDACTION. — Le cheval et le bœuf ; leurs caractères distinctifs. En quoi ils se ressemblent et en quoi ils diffèrent.

CHAPITRE XIII

I. — LES MAMMIFÈRES (*Fin*)

1. Edentés. — CARACTÈRES DISTINCTIFS. — Ces animaux, comme l'indique leur nom, sont caractérisés par une dentition incomplète : les uns n'ont pas d'incisives, les autres même n'ont aucune dent. Ils n'habitent pas nos régions ; ils se plaisent dans les pays chauds.

Principaux Édentés. — A cet ordre appartiennent : le *Tatou* et le *Pangolin*, qui n'ont pas d'incisives et

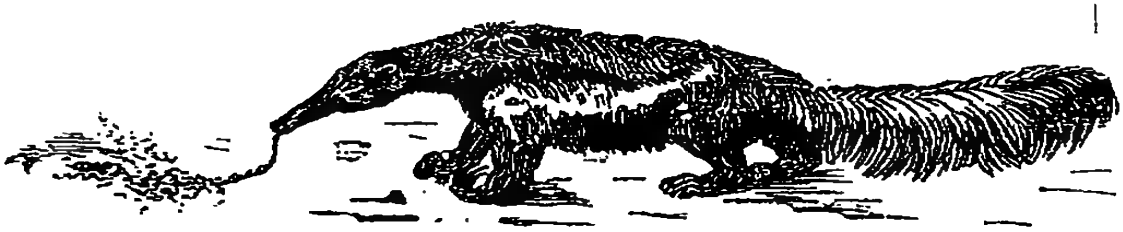


FIG. 86. — Fourmilier.

dont le corps est recouvert d'écailles. Le *Fourmilier* (fig. 86), le *Tamanoir* et le *Tamandua* justifient leur nom d'édentés, car ils sont complètement dépourvus de dents. Par contre, ils sont munis d'une langue longue et gluante, qu'ils enfoncent dans les nids de fourmis et d'autres insectes dont ils font leur nourriture.

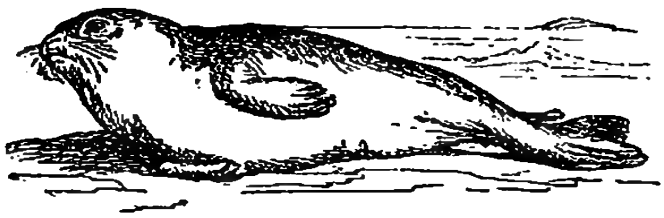


FIG. 87. — Phoque.
(Long. moy. 1m,50.)

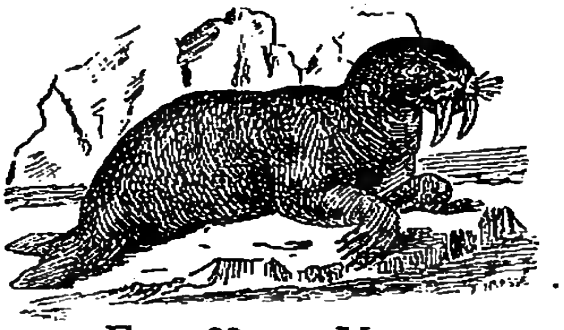


FIG. 88. — Morse.
(Longueur 4 mètres.)

Types d'Amphibies.

2. Amphibies. — CARACTÈRES DISTINCTIFS. — Le nom donné à ces mammifères vient de ce que, possédant des habitudes aquatiques, ils sont aériens par leur système respiratoire. Leurs membres très courts sont plutôt disposés pour la nage que pour la marche : aussi ne viennent-ils à terre que pour se reposer et pour allaiter leurs petits.

Ils sont presque tous carnassiers.

Divers Amphibies. — 1. Cet ordre comprend deux familles : les *Phoques* et les *Morses*.

2. Les *phoques* (fig. 87) sont des animaux généralement doux et faciles à apprivoiser ; ils se nourrissent de poissons et de mollusques ; leur longueur varie de 1 à 3 mètres, suivant les espèces.

3. Les *morses* (fig. 88) se distinguent surtout des phoques par la présence, à la mâchoire supérieure, de défenses longues et résistantes. Ils peuvent s'attaquer aux marins qui les chassent. On les désigne sous le nom de *vaches marines* ou *chevaux marins*.

4. Les phoques et les morses sont chassés pour l'huile qu'on retire de leur graisse abondante ; l'ivoire des morses est aussi très recherché.

3. Cétacés. — CARACTÈRES DISTINCTIFS. — Les animaux de cet ordre présentent, par leur forme générale et par leurs habitudes, les plus grandes analogies avec les poissons ; ils n'ont pas de membres postérieurs, et leurs membres antérieurs sont transformés en véritables nageoires ; leur queue est aplatie horizontalement.

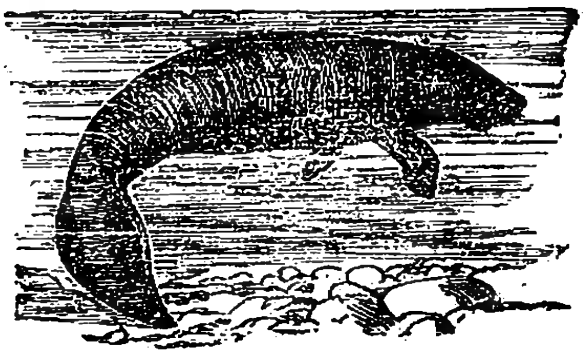


Fig. 89. — Lamantin.
(Longueur 3 mètres.)

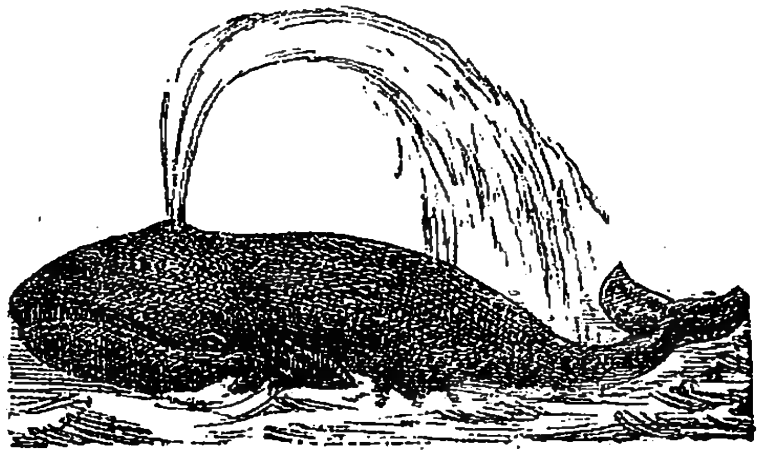


Fig. 90. — Baleine.
(Longueur 20 à 30 mètres.)

Types de Cétacés.

Mais, comme tous les autres mammifères, ils respirent par des poumons l'air qu'ils viennent prendre à la surface de l'eau; ils allaitent leurs petits; ils ont le sang chaud.

Divers Cétacés. — 1. Les uns sont herbivores et peuvent même sortir de l'eau pour venir brouter l'herbe des rivages, tels les *Lamantins* d'Amérique et les *Dugongs* de la mer des Indes.

2. Les autres se nourrissent uniquement de poissons et ne quittent pas la mer; tels sont : les *Dauphins*, d'une longueur de 3 à 4 mètres, d'une grande voracité; les *Marsouins*, plus petits que les dauphins mais aussi voraces qu'eux; les *Baleines* (fig. 90), les plus gros de tous les animaux, qui peuvent atteindre 30 mètres de longueur et un poids de 150.000 kilogrammes; leur mâchoire supérieure, dépourvue de dents, est munie de longues lames élastiques nommées *fanons*. Les baleines respirent par des *évents* placés sur la partie saillante de leur tête; leur gosier, qui est étroit, ne leur permet d'engloutir à la fois que des poissons de très petite taille. Les *Cachalots*, généralement plus petits que les baleines, vivent comme elles dans les mers polaires.

3. Tous ces Cétacés sont chassés pour l'énorme quan-

lité d'huile tirée de leur graisse; on utilise les fanons de la baleine pour faire des armatures de parapluies et de corsets.

4. Marsupiaux. — Caractères distinctifs. — Les animaux de cet ordre diffèrent des autres mammifères par la présence de deux *os marsupiaux*, qui partent du bassin et se dirigent en avant pour soutenir, chez la femelle, une poche où s'abritent les petits pendant les premiers mois de leur existence; cette poche est formée par un repli de la peau, et renferme les mamelles (fig. 91).

Divers Marsupiaux. — Les principales espèces sont : les *Sarigues* (fig. 91), animaux surtout grimpeurs et se nourrissant d'insectes ou de fruits, et même de volailles; les *Kangourous*, dont les pattes de derrière sont très développées, particularité qui donne à ces animaux une marche qui n'est qu'une succession de sauts; leur queue, très charnue, peut leur servir de point d'appui. Leur chair est comestible. D'un naturel très doux, ils peuvent facilement s'apprivoiser et vivre sous notre climat.

Fig. 91. — Sarigue.

Tous les Marsupiaux sont originaires de l'Australie.

5. Autre classification des Mammifères. — On répartit d'autre part les Mammifères en trois groupes :

1° Les **Onguiculés** dont les doigts, armés d'ongles et de griffes, sont distincts les uns des autres, ce sont les *Bimanes*, les *Quadrumanes*, les *Cheiroptères*, les *Carnivores*, les *Insectivores*, les *Rongeurs*, les *Édentés* et les *Amphibies*.

2° Les **Ongulés**, dont les doigts sont enveloppés dans des étuis cornés : ce sont les *Pachydermes* et les *Ruminants*.

3° Les **Pisciformes** qui ont la forme de poissons, ce sont les *Cétacés*.

Les *Marsupiaux* peuvent être considérés comme formant un groupe à part; la poche qu'ils ont sous le ventre pour abriter leurs petits leur donne un caractère tout particulier.

RÉSUMÉ

1. Édentés. — Les *Édentés* sont des mammifères qui n'ont pas d'incisives ou n'ont pas de dents. Ils se nourrissent d'insectes : le *Fourmilier*, le *Tamanoir*, le *Tatou*, le *Pingolin*, le *Tamandua*.

2. Amphibies. — Les Amphibies vivent dans l'eau, mais respirent dans l'air : les *Phoques* et les *Morses*.

3. Cétacés — Les Cétacés ressemblent à de gros poissons, mais ont tous les caractères des mammifères : *Marsouins*, *Baleines*. On les chasse pour l'huile qu'on retire de leur graisse.

4. Marsupiaux. — Les Marsupiaux ont deux os qui supportent une poche : les *Sarigues*, les *Kangourous*.

5. Les Mammifères peuvent encore être répartis en trois groupes : les *Onguiculés*, les *Ongulés* et les *Pisciformes*. Les *Marsupiaux* peuvent être considérés comme formant un groupe à part.

Questionnaire.

1. Que savez vous sur les Edentés ? — De quoi se nourrissent-ils ? — Nommez les principaux Edentés. — **2.** Quels sont les caractères distinctifs des Amphibies ? — Combien y a-t-il de familles d'Amphibies ? — Que savez-vous des Phoques ? — Des Morses ? — Pourquoi les chasse-t-on ? — **3.** Qu'est-ce qui caractérise les Cétacés ? — Nommez les principaux Cétacés. — Pourquoi les chasse-t-on ? — **4.** Quels sont les caractères distinctifs des Marsupiaux ? — Nommez quelques Marsupiaux. — **5.** En combien de groupes peut-on, d'autre part, répartir les Mammifères ? — Quels ordres comprennent les Onguiculés ? les Pisciformes ?

RÉDACTION. — Les Mammifères. Indiquer les ordres principaux et dans chacun de ces ordres, les espèces les plus intéressantes, les plus utiles.

CHAPITRE XIV

II. — LES OISEAUX

1. Caractères généraux. — 1. Les Oiseaux se distinguent des mammifères en ce qu'ils ont le corps couvert de plumes, qu'ils n'ont que deux membres leur servant pour la marche, leurs deux membres antérieurs étant transformés en ailes, et qu'ils ont un bec corné remplaçant les dents

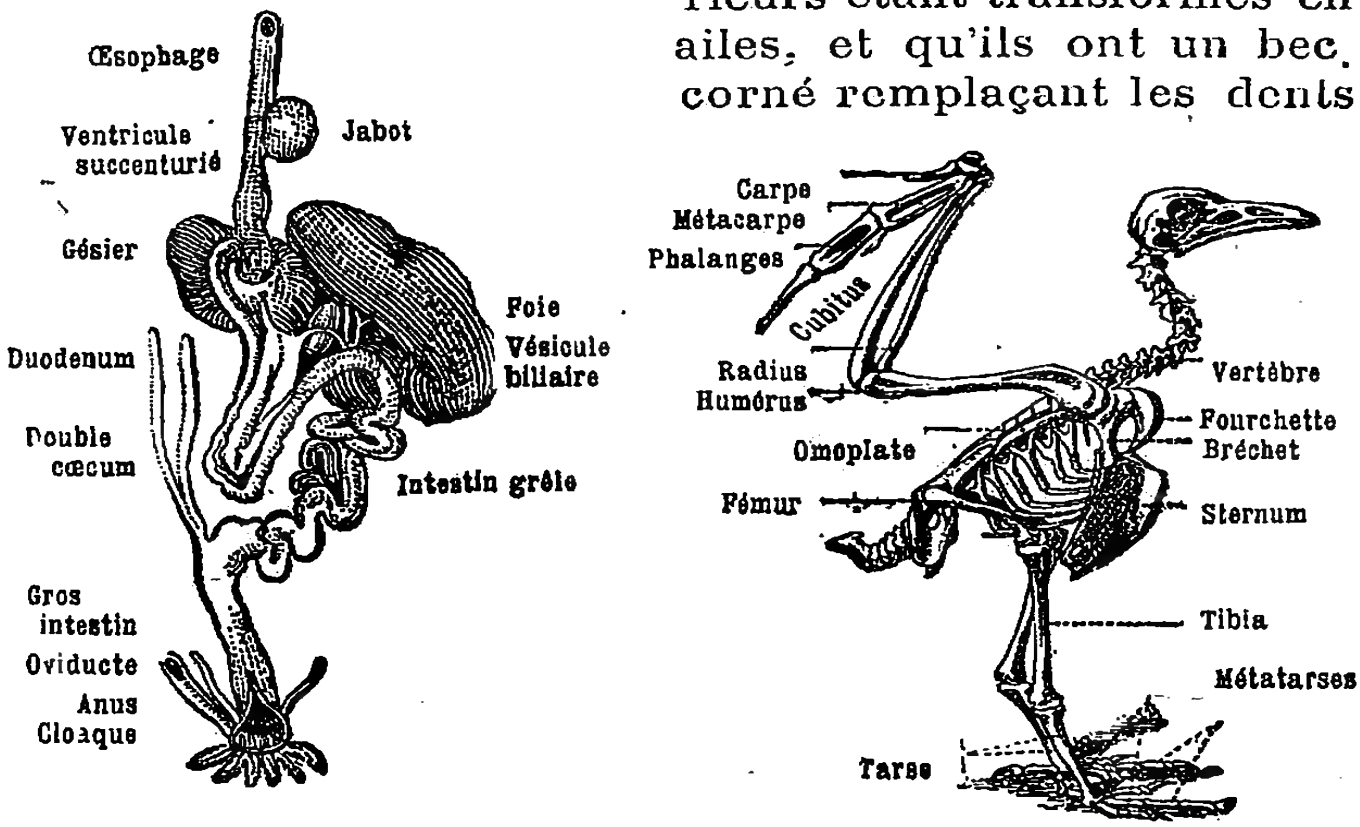


FIG. 92. — Appareil digestif et squelette des Oiseaux.

2. Le régime alimentaire des Oiseaux varie suivant les espèces : les uns se nourrissent de chair, d'autres d'insectes, de graines ou de poissons.

3. Leur appareil digestif (fig. 92) se compose de l'*œsophage*, du *jabot*, renflement de l'œsophage, du *ventricule succenturié* qui sécrète le suc gastrique, du *gésier* qui est leur estomac, et des *intestins*. Les aliments,

après avoir cheminé dans l'œsophage, s'entassent dans le jabot, qui, chez certains oiseaux, le pigeon par exemple, prend sous leur action un si gros développement qu'il forme une saillie facilement visible; ils se gorgent là de vapeur d'eau, se gonflent, pour se mieux prêter à l'action dissolvante de la digestion. Ils sont ensuite soumis, au moment de leur passage dans le ventricule succenturié, à l'influence des sucs gastriques. Puis ils pénètrent dans le gésier, formé d'une membrane d'autant plus résistante et épaisse que le régime alimentaire de l'oiseau est plus granivore : ainsi chez les oiseaux carnassiers, la membrane du gésier est simple; elle est, au contraire, très épaisse chez les poules. C'est dans cette membrane contractile que les aliments sont à la fois broyés et digérés ; et chez les granivores il est fréquent de trouver dans le gésier de petites pierres dures, que l'oiseau a avalées pour aider à la trituration des aliments.

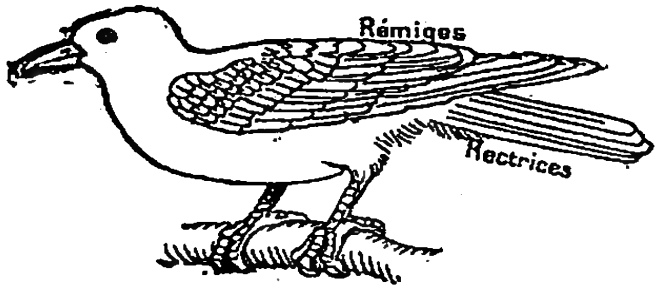


Fig. 93. — Plumes.

Les plumes, comme les poils, prennent naissance dans le derme; elles sont formées de deux parties : l'*axe* et, de chaque côté, les *barbes*. Les petites plumes servent à protéger le corps de l'oiseau; les grandes qui composent les ailes et, dans le vol, battent l'air comme des rames sont appelées *rémiges;* celles de la queue, qui font office de gouvernail, sont nommées *rectrices*.

4. Les *organes des sens*, l'ouïe et la vue, sont très développés. L'instinct des Oiseaux est merveilleux, soit pour la défense et l'éducation de leurs petits, soit pour la construction de leurs nids, soit pour la sûreté avec laquelle ils retrouvent leurs anciennes demeures après les migrations que certains d'entre eux accomplissent

5. Les Oiseaux sont *ovipares :* ils pondent des œufs

qu'ils *couvent*, et d'où s'échappent leurs petits, après un temps variable d'incubation.

Un ŒUF a une double enveloppe, l'une extérieure, dure et calcaire, la *coquille*, l'autre intérieure et membraneuse, appelée le *chorion*.

A l'une des extrémités de l'œuf, on remarque un espace vide, d'autant plus grand que l'œuf est moins frais, qu'on nomme la *chambre à air*.

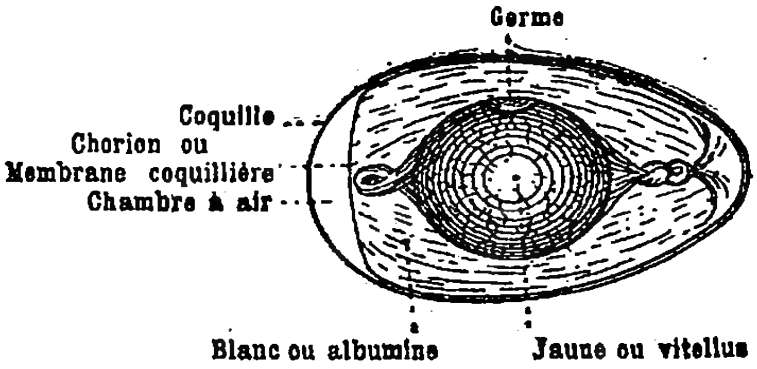


FIG. 94. — Coupe d'un œu..

L'air pénètre dans l'œuf par les pores nombreux qui percent la coquille.

A l'intérieur de l'œuf, on remarque deux parties bien distinctes : le *jaune* et le *blanc*. Une sorte de petite tache adhérente au jaune et flottant dans le blanc constitue le *germe* ou *cicatricule* qui, développé, donnera l'oiseau.

2. Division. — La classe des Oiseaux se divise en sept ordres :

Les *Rapaces*,	Les *Gallinacés*,	Les *Palmipèdes*.
Les *Passereaux*,	Les *Échassiers*,	
Les *Grimpeurs*,	Les *Coureurs*,	

3. Rapaces. — CARACTÈRES DISTINCTIFS. — Ces oiseaux correspondent aux carnassiers des mammifères;

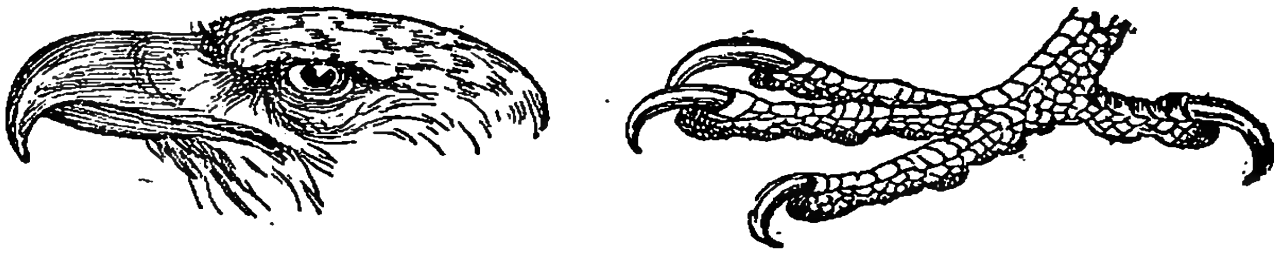


FIG. 95. — Bec et serre de Rapace.

comme eux ils se nourrissent de la chair d'animaux qu'ils chassent et qu'ils déchirent, grâce à leur bec crochu et acéré et à leurs griffes aiguës et tranchantes appelées *serres* (fig. 95).

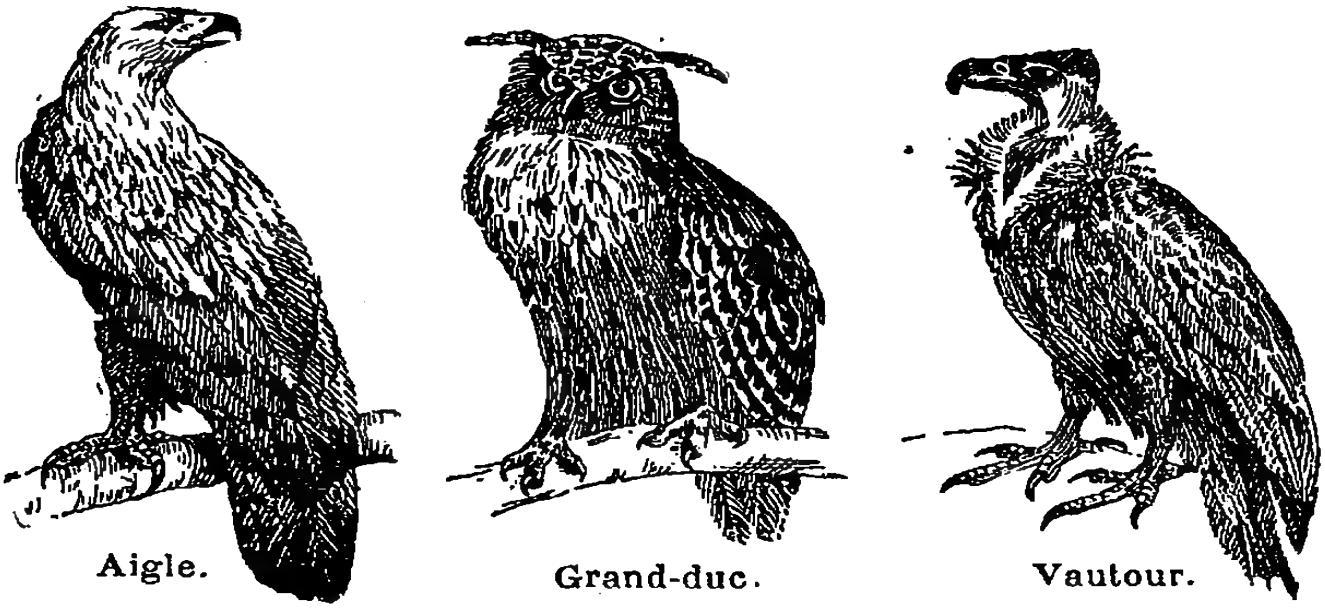


FIG. 96. — Types de Rapaces.

Principales espèces. — 1. Les principales espèces sont : l'*Aigle*, qui peut atteindre un mètre d'envergure ; le *Vautour*, qui se repaît surtout de cadavres ; le *Faucon*, dont on se sert à la chasse ; les Rapaces les plus répandus dans notre pays sont la *Buse* et l'*Épervier*.

2. Tous ces rapaces chassent le jour et s'attaquent soit à nos oiseaux de basse-cour, soit aux petits oiseaux de nos champs ; ils sont ainsi tous *nuisibles*.

3. D'autres rapaces chassent la nuit, s'attaquent aux souris et aux mulots des champs et nous sont par conséquent *utiles;* tels sont la *Chouette;* le *Hibou*, le *Chat-huant*, le *Grand-duc* (fig. 96).

4. **Passereaux.** — CARACTÈRES DISTINCTIFS.— Cet ordre

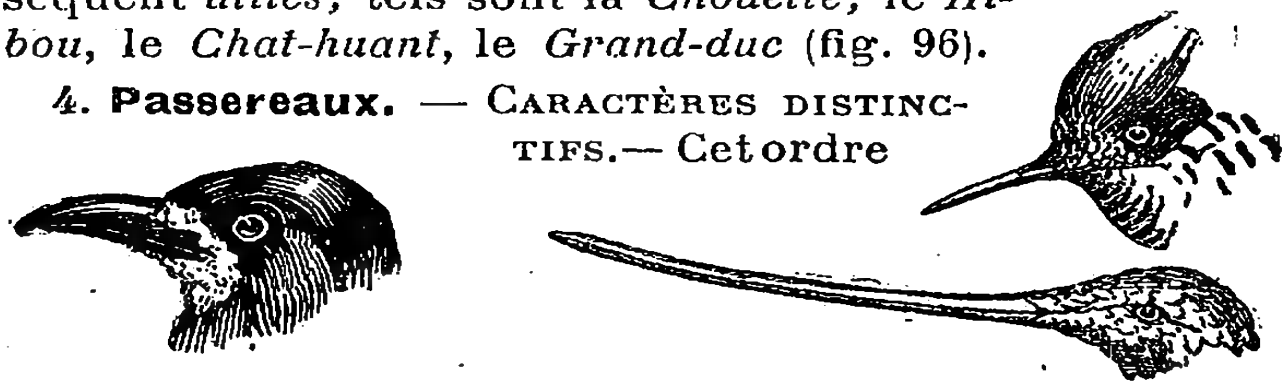


FIG. 97. — Becs de Passereaux.

comprend le plus grand nombre d'espèces ; ce sont généralement des oiseaux de petite taille ; leur bec est ordinairement droit et pointu (fig. 97) ; chez quelques

Oiseau de Paradis. Pie. Hirondelle. Fauvette.

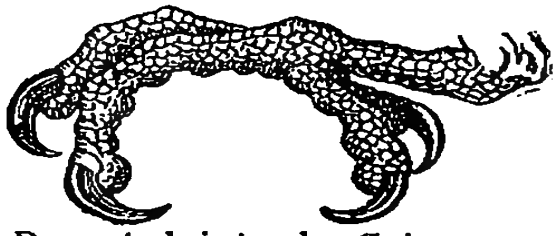
Fig. 98. — Types de Passereaux.

espèces seulement il est légèrement crochu. Les plus gros sont carnivores, les autres sont insectivores et granivores. Sauf les carnivores, tous les autres passereaux sont plutôt *utiles à l'agriculteur*, qui doit s'efforcer de les protéger à cause de la chasse acharnée qu'ils font aux insectes nuisibles.

Principales espèces. — Les principales espèces sont : les *Corbeaux*, les *Pies*, les *Merles*, les *Grives*, les *Geais ;* puis les espèces plus petites, comme le *Rossignol*, la *Fauvette*, le *Roitelet*, la *Bergeronnette*, les *Hirondelles*, les *Alouettes*, les *Moineaux*, les *Pinsons*, les *Serins*, les *Bouvreuils*, etc. Enfin, quelques espèces sont remarquables par la richesse de leur plumage : les *Colibris* et les *Oiseaux-Mouches*, de l'Amérique méridionale ; les *Martins-Pêcheurs*, qui vivent de poissons, sur le bord de nos rivières.

5. Grimpeurs. — Caractères distinctifs. — Les oi-

Perroquet.



Bec et doigts de Grimpeur.

Fig. 99.

seaux de ce groupe ont quatre doigts, dont deux sont dirigés en avant et deux en arrière, disposition qui leur

permet de grimper et de se maintenir facilement aux branches des arbres.

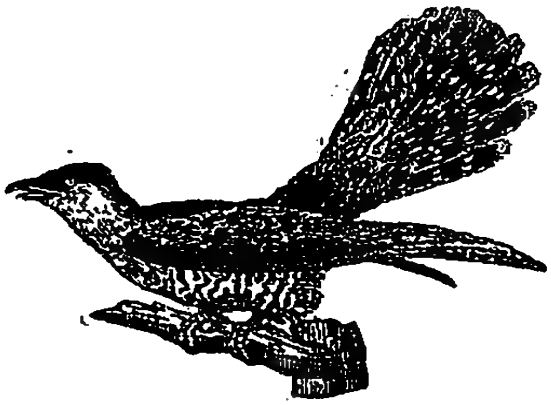
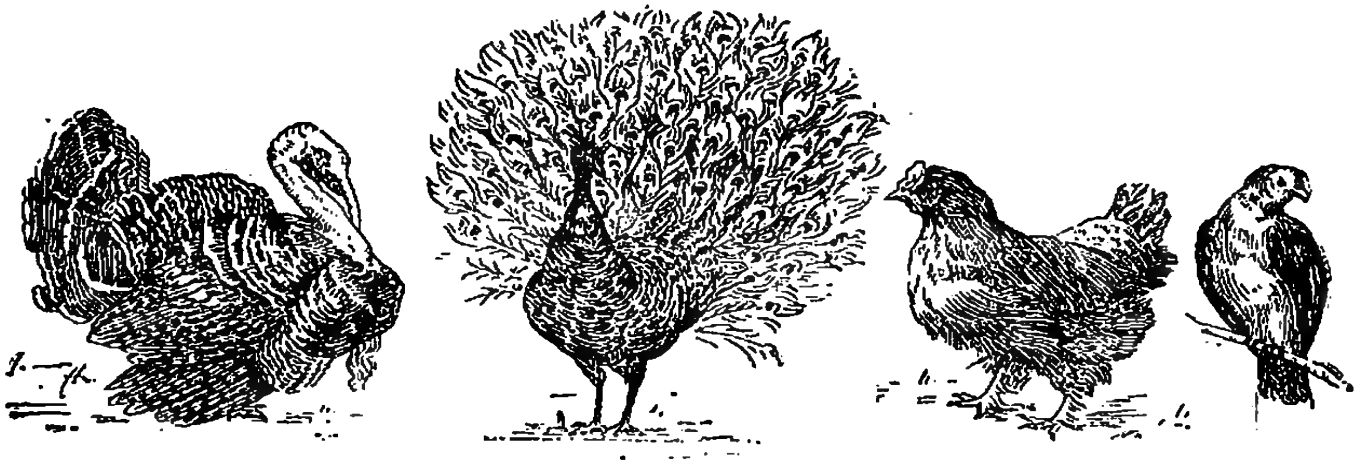


Fig. 100. — Coucou.

Principales espèces. — Les principales espèces sont : les *Perroquets*, aux couleurs si brillantes, possédant un bec recourbé, et une langue charnue, qui leur permet de reproduire les paroles qu'ils entendent souvent ; le *Pic-Vert* ou *Pivert*, qui court si facilement sur les troncs d'arbres, à la recherche des larves d'insectes ; les *Coucous* (fig. 100), qui passent l'hiver en Afrique et qui reviennent chez nous au printemps.

6. Gallinacés. — Caractères distinctifs. — Ces oi-



Dindon. Paon. Poule. Pigeon.

Fig. 101. — Types de Gallinacés.

seaux sont ceux du genre *Poule* ; ils sont granivores, à vol lourd et peu étendu, sauf les *Pigeons*, et tous comestibles ; c'est chez eux que le gésier est le plus charnu.

Divers Gallinacés. — Les vrais Gallinacés sont : les *Dindons*, les *Paons*, au riche plumage ; les *Pintades*, les *Poules*, les *Faisans*, les *Perdrix*, les *Cailles*.

Les *Pigeons*, au vol puissant, comprennent toutes les espèces de pigeons : le *Ramier*, la *Tourterelle*, etc.

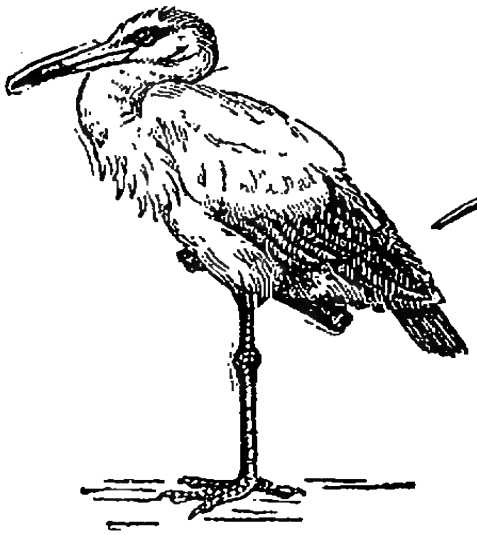


Fig. 102. — Héron.

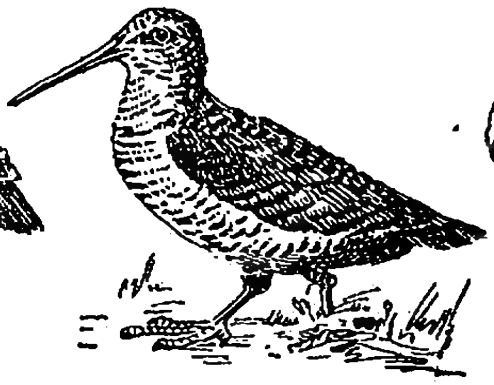


Fig. 103. — Bécasse.

Fig. 104.— Autruche.

7. Échassiers. — Caractères distinctifs. — Ces oiseaux sont ainsi nommés parce que le développement de leur tarse les fait paraître montés sur des *échasses;* ils ont, pour la plupart, le bec et le cou très allongés. Sauf quelques-uns, ils vivent dans les marécages ou sur le bord des rivières et de la mer, où ils se nourrissent de mollusques, de reptiles et de poissons.

Divers Échassiers. — Tels sont les *Grues* et les *Cigognes*, qui entreprennent de longs voyages ; le *Héron*, (fig. 102), l'*Ibis*, vénéré des anciens Égyptiens ; le *Vanneau*, qui paraît dans nos plaines au printemps ; la *Bécasse* (fig. 103), la *Poule d'eau.*

8. Coureurs. — Les coureurs ont des ailes très petites par rapport à leur taille ; ils ne peuvent voler; leurs pattes n'ont que trois doigts ; ils courent avec rapidité : l'*Autruche* (fig. 104), dont les plumes sont recherchées; le *Casoar*, oiseau d'Australie.

9. Palmipèdes. — Caractères distinctifs. — Ces oiseaux (à pieds palmés) ont les doigts réunis par une membrane (fig. 105), qui présente à l'eau une grande résistance : ce sont surtout des animaux aquatiques; à terre, leur marche est lourde, à cause de la position de leurs pattes, situées à l'arrière du corps. Leur plu-

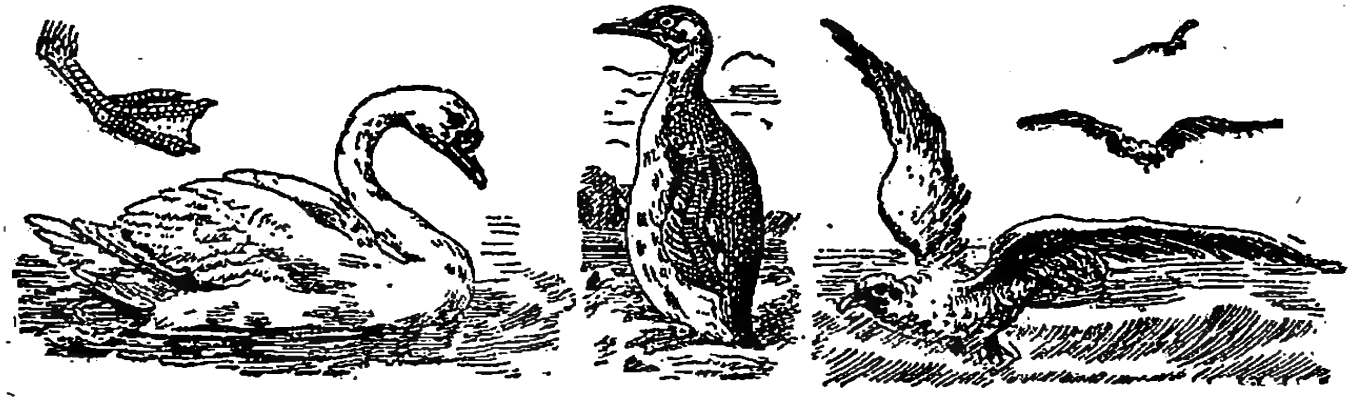
mage est très serré et leur peau sécrète une matière grasse qui imprègne les plumes et les rend imper-

Bec de Canard. Pied palmé.

Fig. 105. — Palmipèdes.

méables. Ils se nourrissent de poissons ou de matières végétales.

Divers Palmipèdes. — Tels sont : le *Canard*, le *Cygne* (fig. 106) blanc ou noir, les *Oies* sauvages ou domestiques, l'*Eider*, habitant les régions polaires, et dont le corps



Cygne. Manchot. Mouette.

Fig. 106. — Types de Palmipèdes.

est recouvert d'un duvet abondant avec lequel on fait les édredons, les *Albatros*, les *Mouettes*, les *Goélands*, tous oiseaux de mer au vol très soutenu, les *Manchots* tout à fait incapables de voler, à cause de la petitesse de leurs ailes, mais d'une agilité de poissons, dans l'eau.

RÉSUMÉ

1. Caractères généraux des Oiseaux. — Les oiseaux ont le corps recouvert de *plumes*, ils ont *deux pattes*, *deux ailes* et un *bec corné*.

Leur appareil digestif comprend : l'*œsophage*, le *jabot*, le *ventricule succenturié*, le *gésier*, ou *estomac*, les *intestins*,

Leurs organes de la vue et de l'ouïe sont très développés.

2. Ordres des Oiseaux. — La classe des Oiseaux se divise en six ordres : *Rapaces*, *Passereaux*, *Grimpeurs*, *Gallinacés*, *Échassiers*, *Palmipèdes*.

3. Rapaces. — Les Rapaces ont un bec et des serres acérés, ils se nourrissent de chair : *Aigle*, *Epervier*, *Chouette*, *Hibou*.

4. Passereaux. — Les Passereaux sont carnivores ou granivores; les uns sont nuisibles : *Pies*, *Geais;* d'autres sont utiles : *Hirondelles*, *Fauvettes*.

5. Grimpeurs. — Les Grimpeurs ont leurs quatre doigts disposés pour se tenir le long des troncs d'arbres : *Perroquets*, *Pics*, *Coucous*.

6. Gallinacés. — Les Gallinacés, du genre Poule, ont généralement le vol lourd, sauf les pigeons : *Dindons*, *Poules*, *Perdrix*.

7. Échassiers. — Les Échassiers ont les pattes, le cou et le bec très développés; ils vivent sur les rivages : *Grues*, *Hérons*, *Bécasses*.

8. Coureurs. — Les coureurs ont de petites ailes et trois doigts aux pattes seulement : l'*Autruche*, le *Casoar*.

9. Palmipèdes. — Les Palmipèdes ont les pieds palmés, ils sont nageurs : *Canards*, *Cygnes*, *Mouettes*.

Questionnaire.

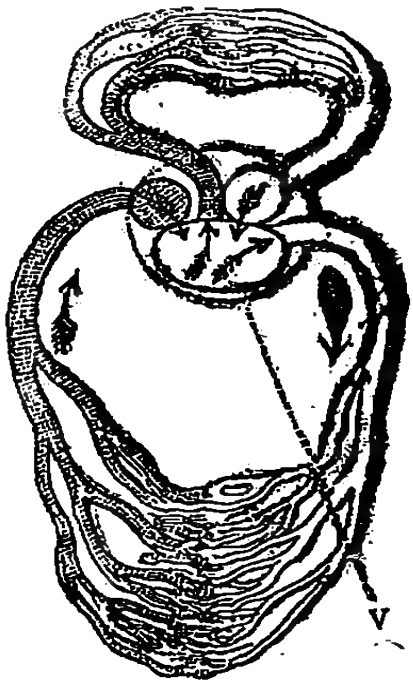
1. En quoi les Oiseaux diffèrent-ils des Mammifères? — De quoi se nourrissent-ils ? — Que savez-vous de leur appareil digestif ? — **4.** Que savez-vous des organes des sens chez les Oiseaux ? — Comment naissent les petits oiseaux ? — **2.** En combien d'ordres se divise la classe des Oiseaux? — **3.** Indiquez les caractères distinctifs des Rapaces. — Les principales espèces de Rapaces. — Quels sont les Rapaces nuisibles? — Utiles? — **4.** Quels sont les caractères distinctifs des Passereaux? — Nommez quelques Passereaux. — **5.** Quels sont les caractères distinctifs des Grimpeurs ? — Citez quelques Grimpeurs. — **6.** Indiquez les caractères distinctifs des Gallinacés. — Les principaux Gallinacés que vous connaissez. — **7.** Exposez les caractères distinctifs des Echassiers. — Citez quelques Echassiers. — **8.** Quels sont les caractères distinctifs des Coureurs ? — **9.** Quels sont les caractères distinctifs des Palmipèdes ? — Nommez quelques Palmipèdes.

RÉDACTION. — **Les oiseaux. Adaptation de leurs membres pour le vol.**

CHAPITRE XV

III. — REPTILES

1. Caractères généraux. — 1. Les Reptiles sont des vertébrés dont le corps est recouvert d'écailles plus ou moins résistantes. Beaucoup d'entre eux sont dépourvus de membres ; les autres ordinairement en ont quatre, sont bas sur pattes et paraissent toujours ramper. Leur gueule est armée de dents pointues, qui leur permettent de saisir facilement leurs proies; ils se nourrissent généralement de chair; peu d'espèces sont herbivores.



v. Ventricule.

FIG. 107. — Schéma de la circulation du sang chez les Reptiles.

2. La respiration des Reptiles est peu active, et ne permet pas à la température de leur corps de s'élever au-dessus de la température *ambiante :* on dit que ce sont des animaux à sang froid, ou mieux à sang de *température variable*, suivant les milieux dans lesquels ils se trouvent.

Leur cœur (fig. 107) a deux oreillettes et un seul ventricule, dans lequel sont mélangés le sang veineux et le sang artériel.

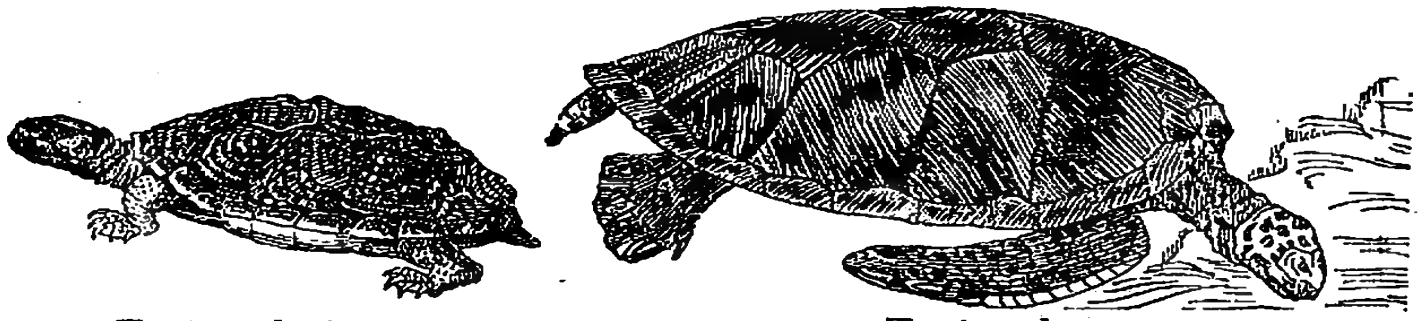
3. Leur système nerveux est très peu développé, et les organes des sens sont généralement obtus, sauf pourtant l'ouïe.

4. Les Reptiles sont ovipares; mais ils ne couvent pas leurs œufs : ils les abandonnent habituellement en lieu sûr et, pour certaines espèces, les enfouissent dans le sable chaud.

2. Division des reptiles. — Les principales sortes de Reptiles sont :

Les (Chéloniens) *Tortues*, Les (Sauriens) *Lézards*,	Les (Ophidiens) *Serpents*.

3. Tortues. — 1. Les Tortues sont remarquables par la cuirasse cornée qui entoure leur corps, ne laissant d'ouverture que pour la tête, les quatre pattes et la queue (fig. 108). Cette cuirasse est formée sur le dos (carapace) par le développement de la colonne vertébrale et des côtes qui se sont soudées, et sur le ventre



Tortue de terre. Tortue de mer.

FIG. 108. — Différentes espèces de Tortues.

(plastron) par le sternum très développé. Leurs mâchoires sont formées de lames cornées.

2. Les Tortues se nourrissent de matières végétales, d'insectes et de mollusques. Elles peuvent rester plusieurs mois, dans un état de sommeil, sans prendre de nourriture.

4. Lézards. — CARACTÈRES DISTINCTIFS. — Les Lézards sont recouverts de fausses écailles, parfois très dures. Ils ont le corps prolongé par une queue plus ou moins longue, terminée en pointe. Leurs doigts sont garnis de griffes et leurs mâchoires armées de dents pointues.

Divers Lézards. — 1. Les plus gros Lézards sont les *Crocodiles;* ils ont la peau recouverte de lames cornées très résistantes. Leurs mâchoires sont d'une

force exceptionnelle, ce qui les rend redoutables, même à l'homme. Ils vivent surtout dans les fleuves d'Afrique.

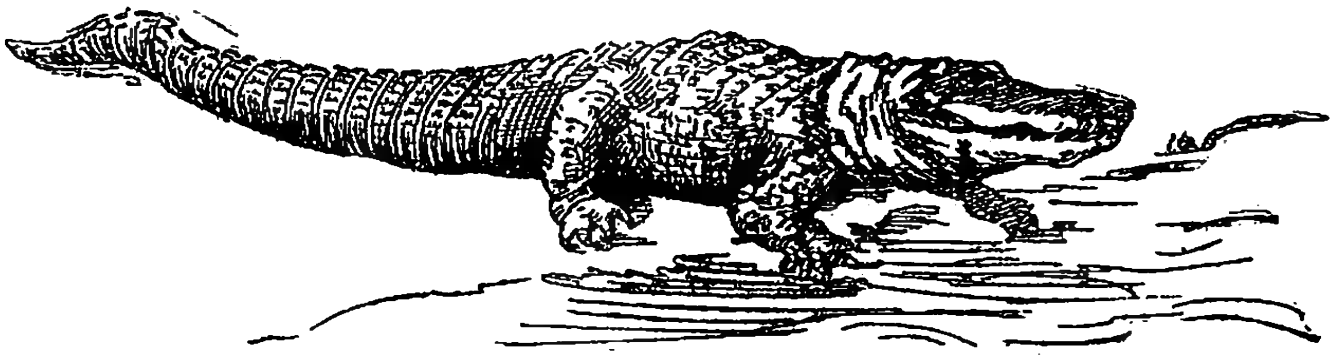


Fig. 109. — Crocodile (Saurien).

Le crocodile du Nil est célèbre. On peut citer aussi le *Gavial* du Gange et le *Caïman* d'Amérique.

2. Dans nos bois, et le long de nos vieux murs, nous connaissons le *Lézard gris* et le *Lézard vert*. Une

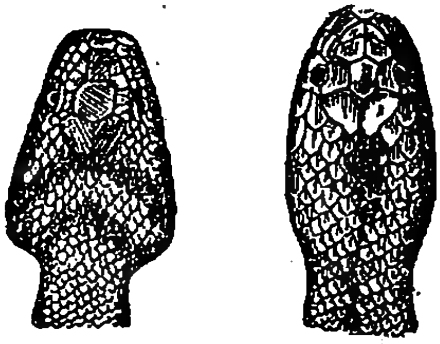
Fig. 110. — Caméléon.

variété de Lézards est le *Caméléon* d'Afrique (fig. 110), dont la peau possède la propriété de changer de couleur, suivant que l'animal est calme ou en colère, à l'ombre ou au soleil.

5. Serpents. — Caractères distinctifs. — 1. Les Serpents n'ont pas de membres; leur squelette se réduit alors à la colonne vertébrale et aux côtes qui ne se réunissent pas en avant; ils n'ont pas de sternum et leurs côtes sont flottantes. Leur corps est cylindrique et se termine par une queue.

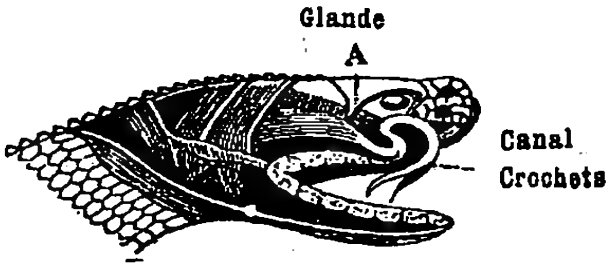
2. Leur bouche peut acquérir un développement considérable, et leurs mâchoires sont armées de dents pointues et recourbées. Chez quelques espèces, la mâchoire supérieure est munie de deux *crochets* creusés d'un canal (fig. 112). Ce canal, ouvert à une extré-

mité, communique d'autre part avec deux glandes situées en arrière de l'œil, qui sécrètent un liquide venimeux, dont l'inoculation dans le sang, à la suite d'une morsure, amène géné-



Tête de vipère. Tête de couleuvre.

FIG. 111.



Appareil venimeux du Serpent.

FIG. 112.

ralement la mort. Leur langue, très mobile, est molle et incapable de piquer.

3. Les Serpents, tous carnassiers, recherchent les lieux obscurs et humides.

Divers Serpents. — 1. Nous les diviserons en *Serpents venimeux* et *Serpents non venimeux.*

2. *Serpents venimeux.* — Les principales espèces sont la *Vipère,* assez commune dans les bois de France et d'Europe, dont la piqûre est mortelle pour les petits animaux, mais qui cause rarement la mort de l'homme (on peut prévenir les suites dangereuses de ses morsures en suçant vigoureusement la plaie et en la cautérisant soit avec de la potasse, soit mieux au fer rouge); le *Crotale* ou *Serpent à sonnettes,* ainsi nommé parce qu'il porte, à l'extrémité de la queue, de petites écailles sèches enroulées en forme de grelots.

3. *Serpents non venimeux.* — Les plus remarquables sont : les *Couleuvres,* communes en France, et qui se nourrissent d'insectes, de limaces, de grenouilles, etc. : ce sont des *animaux utiles ;* le *Boa,* qui peut atteindre 15 mètres de long, redoutable surtout par sa force prodigieuse : on le rencontre dans les parties chaudes de l'Amérique ; le *Python,* presque aussi grand que le boa, habitant les déserts d'Afrique.

RÉSUMÉ

1. Reptiles. — Les Reptiles ont le corps recouvert de lames cornées ou de pustules; ils sont bas sur pattes ou même n'ont pas de pattes; ils sont à température variable.

2. Division des reptiles. — Les Reptiles comprennent : les *Tortues*, les *Lézards* et les *Serpents*.

3. Tortues. — Les *Tortues* ont une cuirasse écailleuse, des lames cornées remplacent les dents.

4. Lézards. — Les *Lézards* sont recouverts de fausses écailles : tels les *Crocodiles*, redoutables à l'homme, le *Lézard gris* ou *vert*.

5. Serpents. — Les *Serpents* n'ont pas de membres ; ils ont des dents ; chez les serpents venimeux, deux de ces dents appelées *crochets*, peuvent laisser écouler, dans la plaie qu'elles font, un liquide venimeux ; es Serpents *venimeux* sont les *Vipères*, le *Serpent à sonnettes ;* les Serpents *non venimeux* sont la *Couleuvre*, le *Boa*.

Questionnaire.

1-1 Quels sont les caractères généraux des Reptiles ? — Pourquoi sont-ils à sang froid ? — Que savez-vous de leur système nerveux ? — Comment se reproduisent-ils ? — **2.** Quelles sont les principales sortes de Reptiles ? — **3.** Décrivez la Tortue ? — 2. De quoi se nourrit la Tortue ? — **4.** Quels sont les caractères distinctifs des Lézards ? — Que savez-vous des Crocodiles ? — Quels Lezards trouve-t-on dans nos pays ? — **5.** Que savez-vous du squelette des Serpents ? — De la bouche des Serpents venimeux ? — Comment divise-t-on les Serpents ? — Citez des Serpents venimeux. — Des Serpents non venimeux.

RÉDACTION.— La couleuvre ; la vipère.— Leurs caractères.— Leur genre de vie. — Leurs morsures.

CHAPITRE XVI

IV. — BATRACIENS

1. Batraciens. — CARACTÈRES GÉNÉRAUX. — 1. Les Batraciens sont des animaux à peau nue et unie ; ils ont quatre membres dépourvus d'ongles et les côtes flottantes.

2. Ils diffèrent surtout des reptiles par les transformations ou *métamorphoses* qu'ils subissent, depuis le moment où ils sortent de l'œuf, jusqu'à ce qu'ils aient atteint leur complet développement. Suivons, par exemple, la grenouille au sortir de l'œuf (fig. 113) : c'est un *têtard* à forte tête, prolongée par une queue dépourvue de membres ; il respire, à la façon des poissons, l'air dissous dans l'eau, au moyen de branchies. Bientôt ses membres se développent, d'abord les pattes de derrière, puis les membres antérieurs ; enfin la queue se raccourcit, pour disparaître bientôt ; en même temps

FIG. 113. — BATRACIENS. — Métamorphoses de la grenouille.
1. Œuf de grenouille. — 2. Jeune têtard : on aperçoit les branchies près de la tête. — 3 et 4. Le têtard se développe. — 5. Le têtard a des pattes de derrière. — 6. Le têtard est devenu grenouille, mais il conserve sa queue. — 7. Grenouille conservant un reste de queue. — 8. Grenouille à l'état adulte. — 9. Salamandre.

que des poumons se forment, les branchies s'atrophient, et l'animal devient aérien pour la respiration.

Ainsi la grenouille a non seulement changé de forme, mais aussi d'organisation intérieure. Pour cette raison, on voit les Batraciens désignés encore sous le nom d'*Amphibiens ;* car, poissons dans leur jeune âge, ils sont aériens à l'état adulte. (*Amphibie* veut dire qui a deux manières de vivre, deux genres de vie : les Amphibiens peuvent en effet vivre sur terre et dans l'eau.)

3. Tous les Batraciens sont carnassiers. Ils sont ovipares, et leurs œufs se trouvent réunis sous l'apparence d'une masse gélatineuse.

Divers Batraciens. — Parmi les Batraciens nous citerons les *Grenouilles* habitant les marécages ; puis le

Crapaud, plus gros et plus massif que la grenouille. Le corps du crapaud est recouvert de pustules qui laissent échapper un liquide légèrement venimeux, d'apparence laiteuse, capable de produire une inflammation passagère au contact de la peau excoriée : c'est un animal *très utile* dans les jardins, qu'il débarrasse des limaces et des insectes nuisibles.

A côté des Grenouilles, nous signalerons les *Salamandres*, qui, elles, conservent leur queue pendant toute leur vie.

V. — POISSONS

Poissons. — Caractères généraux. — 1. Les Poissons, animaux aquatiques, ont le corps recouvert d'*écailles isolées* ou d'une peau unie et lisse.

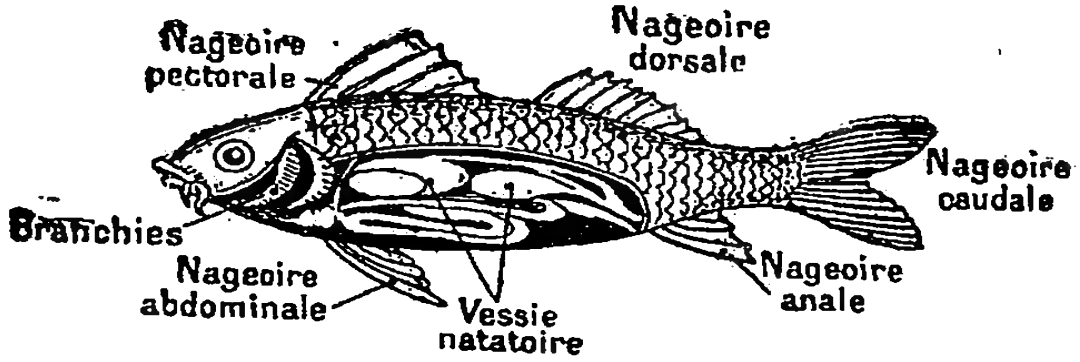


Fig. 114. — Nageoires de Poissons.

2. Leurs membres sont transformés en nageoires (fig. 114); celles qui remplacent les membres antérieurs se nomment *nageoires pectorales*, celles qui remplacent les membres postérieurs sont les *nageoires abdominales ;* il en est d'autres qui, suivant leur position, se nomment : *dorsales* sur le dos, *anales* à l'anus, *caudales* à la queue.

3. Le squelette des Poissons est généralement osseux ; parfois cependant il reste cartilagineux, comme dans la Raie.

4. Les Poissons, généralement très voraces, se nourrissent de matières végétales, d'insectes, de poissons, et certains même d'animaux de tous genres : le requin, par exemple.

5. Ils respirent par des *branchies* (fig. 116) l'air qu'ils trouvent dissous dans l'eau. Les branchies, logées sous les ouïes ou joues du poisson, présentent généralement l'apparence de plusieurs rangées de franges. L'eau, contenant de l'air en dissolution, entre par la bouche et se tamise entre les lamelles des branchies; elle cède au sang qui se trouve en abondance dans les branchies, l'oxygène de l'air, en même temps le gaz carbonique se dégage et le sang est ainsi purifié. Leur respiration, peu active, fait des Poissons des animaux à sang de *température variable*.

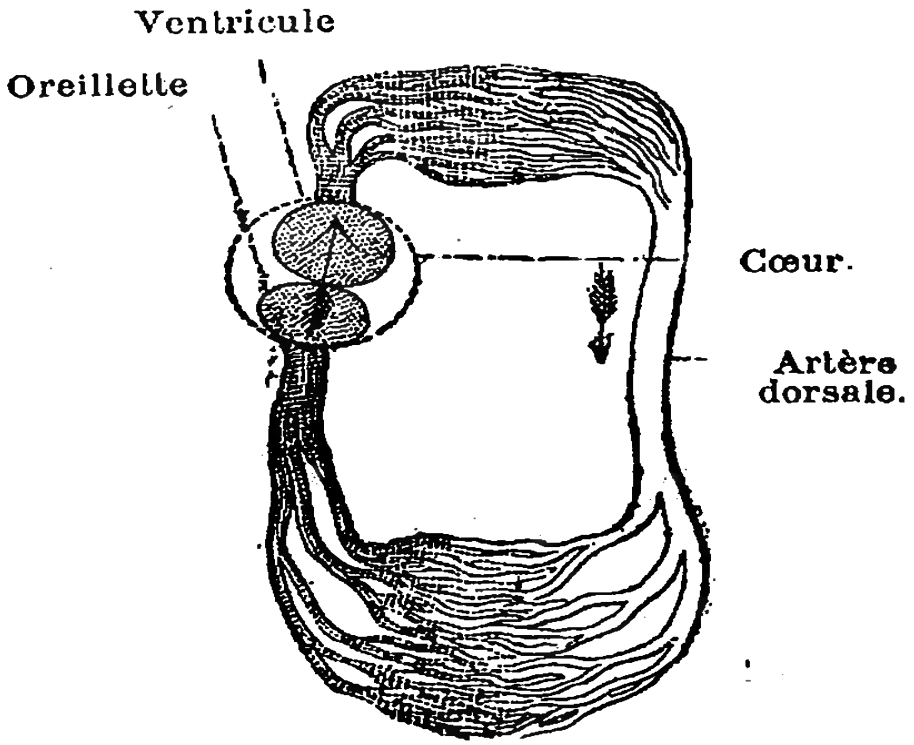


FIG. 115. — Figure théorique de la circulation chez les Poissons.

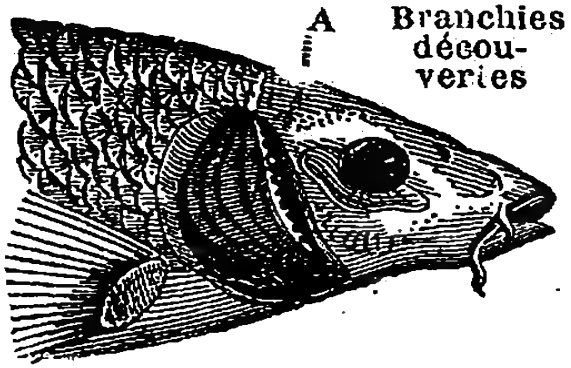


FIG. 116. — Branchies de Poissons.

Leur cœur n'a qu'une oreillette et qu'un ventricule. Le sang veineux va du cœur dans les branchies et des branchies dans toutes les parties du corps sans repasser par le cœur.

6. A l'intérieur du corps des Poissons se trouve une poche double, la *vessie natatoire*, qui n'a de similaire chez aucun autre animal : c'est un véritable ballon rempli d'air, que le poisson gonfle pour se maintenir au sein de la masse liquide dans laquelle il vit.

7. L'intelligence des Poissons est très obtuse ; on remarque cependant chez certaines espèces, l'épinoche, par exemple, des nids très ingénieusement faits. Leurs organes des sens sont fort imparfaits.

8. La fécondité des Poissons est prodigieuse : on compte 9 à 10 millions d'œufs chez les esturgeons.

9. Presque toutes les espèces de Poissons sont

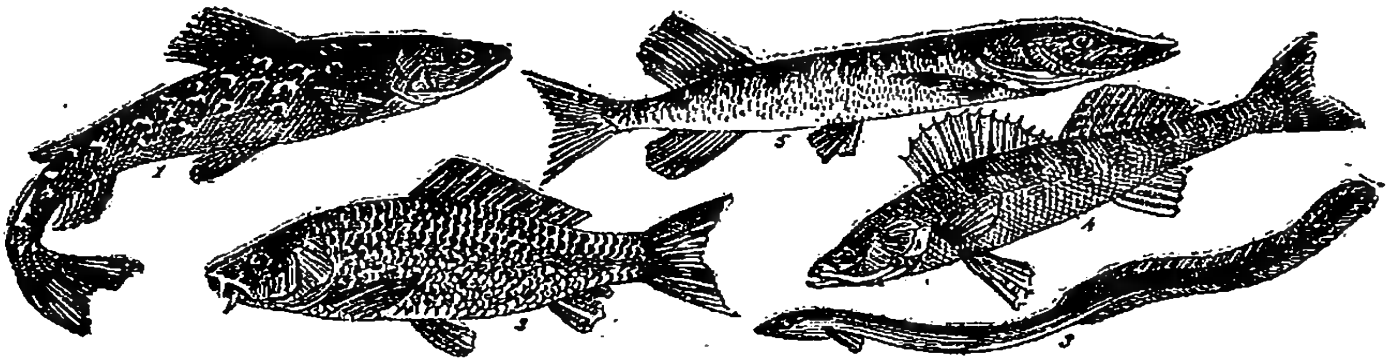


Fig. 117. — Poissons osseux.
1. Truite. — 2. Carpe. — 3. Anguille. — 4. Perche. — 5. Brochet.

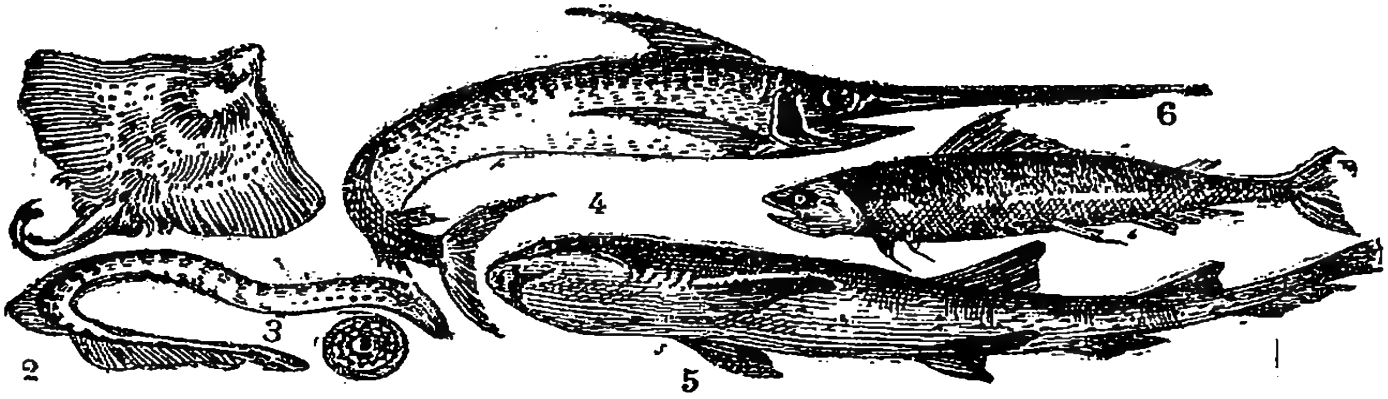


Fig. 118. — Poissons cartilagineux.
1. Raie. — 2 et 3. Lamproie. — 4. Espadon. — 5. Requin.
6. Saumon.

comestibles, et leur pêche est à peu près l'unique ressource des habitants du littoral de la France.

Division des Poissons. — 1. La classe des Poissons est divisée en deux grandes sections ; les *Poissons osseux* et les *Poissons cartilagineux.*

2. Poissons osseux. — Les principales espèces de Poissons osseux sont :

Le *Rouget*, le *Maquereau*, le *Thon*, la *Perche ;* tous ces Poissons ont la nageoire dorsale épineuse ;

Le *Hareng*, la *Morue*, les *Sardines*, les *Éperlans*, les *Merlans*, les *Truites*, les *Saumons*, les *Limandes*, les *Turbots*, les *Soles*, les *Brochets*, les *Ables*, le *Goujon*, la *Tanche*, les *Carpes ;* tous ces Poissons ont la nageoire dorsale molle;

Les *Anguilles*, les *Congres*, les *Lançons*, les *Équilles*, tous dépourvus de nageoires abdominales.

3. Poissons cartilagineux. — Dans cette famille, nous rencontrons le *Requin*, le tigre des mers, qui peut atteindre 10 mètres de longueur et dont la bouche, située sous le corps, est armée de plusieurs rangées de dents tranchantes et aiguës ; la *Raie*, dont la bouche est également placée sous le ventre.

RÉSUMÉ

1. Batraciens. — Les Batraciens diffèrent des reptiles par leurs *métamorphoses;* aquatiques pendant leur jeune âge, ils ont la respiration aérienne à l'état adulte ; tels sont la *Grenouille*, le *Crapaud*, la *Salamandre*.

2. Poissons. — Les Poissons sont uniquement aquatiques; leurs membres sont remplacés par des *nageoires;* ils respirent par des *branchies* l'air qui se trouve en dissolution dans l'eau. On distinguera les **Poissons osseux :** le *Maquereau*, la *Perche*, le *Brochet*, la *Sole*, l'*Anguille* ; les **poissons cartilagineux :** le *Requin*, la *Raie*, la *Sole*, la *Limande*.

Questionnaire.

1. Quels sont les caractères généraux des Batraciens ? — Que savez-vous des métamorphoses des Batraciens? — De leur manière de se nourrir et de se reproduire ? — Citez quelques Batraciens connus. — **2.** Quels sont les caractères généraux des Poissons ? — Qu'avez-vous à dire des membres des Poissons ? — De leur squelette ? — De leur nourriture ? — De leur respiration ? — De leur vessie natatoire ? — De leur intelligence ? — Que savez-vous de la fécondité des Poissons ? — Comment se divisent les Poissons ? — Citez des Poissons osseux. — Des Poissons cartilagineux.

Rédaction. — Description de la grenouille. — Ses métamorphoses. — Son genre de vie.

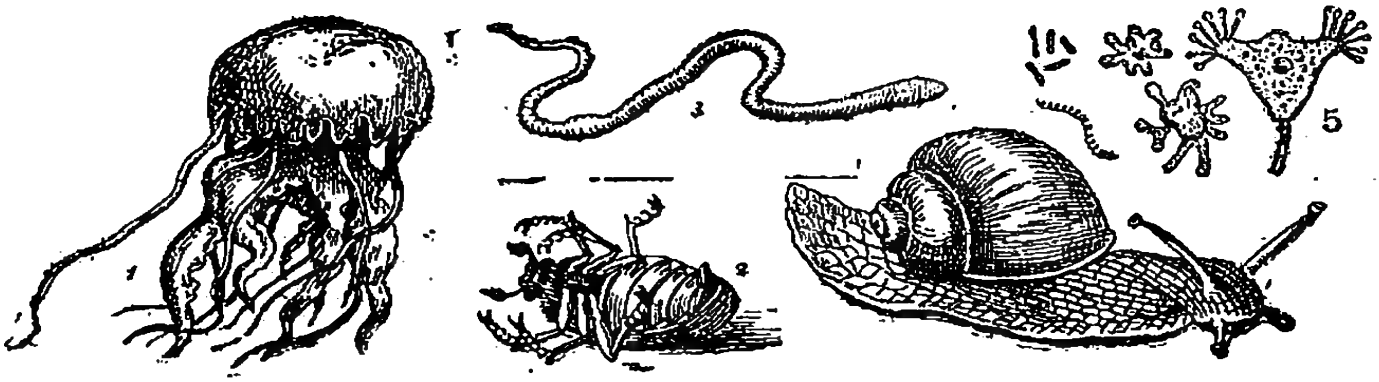


Fig. 119. — Invertébrés.

1 Rayonnés (Méduse). — 2 et 3. Annelés ou Articulés (Ver et Hanneton). — 4. Mollusques (Escargot). — 5. Protozoaires.

CHAPITRE XVII

INVERTÉBRÉS

1. — Nous n'avons étudié jusqu'ici que des animaux ayant un squelette. Nous passons maintenant aux **Invertébrés**, qui ne comprennent que des animaux dépourvus de squelette. Nous les diviserons en quatre classes :

Annelés ou *Articulés*,	*Rayonnés*,
Mollusques,	*Protozoaires*.

I. — ANNELÉS OU ARTICULÉS

2. Caractères généraux. — Les Annelés ou Articulés n'ont plus de squelette intérieur, ils ont une peau assez dure pour leur servir de squelette extérieur. Certains

ont le corps composé d'une série d'anneaux s'emboîtant les uns dans les autres (d'où leur nom d'*Annelés*) ; d'autres ont le corps formé de segments ou *articles* (d'où leur nom d'*Articulés*).

3. **Classes des annelés ou articulés.** — Nous diviserons l'embranchement des Articulés en quatre ordres :

Insectes,	*Crustacés,*
Arachnides,	*Vers.*

4. **Insectes** (*Caractères distinctifs*). — Les Insectes ont

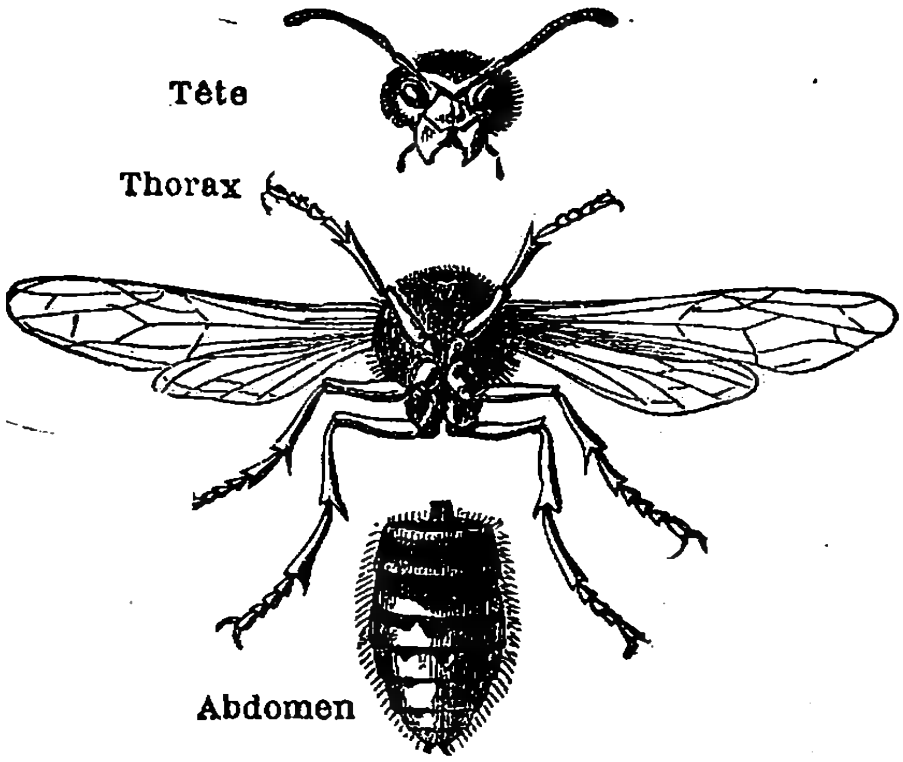


Fig. 120. — Divisions du corps d'un insecte (Guêpe).

le corps divisé en trois parties bien distinctes : la *tête*, le *thorax* et l'*abdomen* (fig. 120).

La tête porte la *bouche*, armée de solides *mandibules* chez les insectes broyeurs, ou formée d'un tube allongé chez les suceurs ; les *yeux*, taillés à facettes ;

des espèces de cornes, très mobiles, appelées *antennes*.

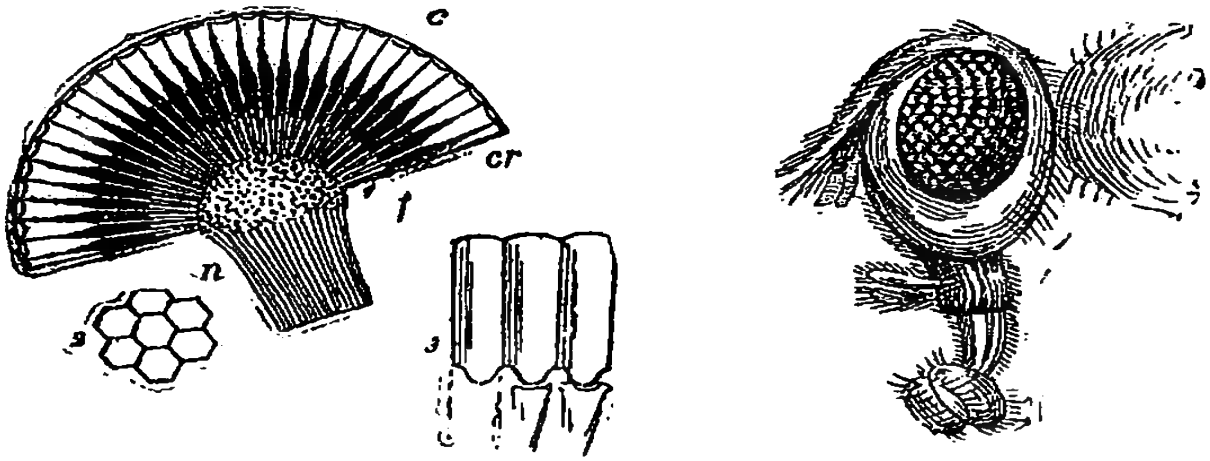


Fig. 121.— OEil composé des Insectes.

1. Coupe schématique du nerf de l'œil : — *c*, cornée ; — *cr*, cristallin ; — *f*, fibre du nerf optique. — 2. Facettes de l'œil. — 3. Bâtonnets rétiniens. — 4. OEil d'insecte, vue extérieure.

Le *thorax* porte les organes du mouvement : *toujours six pattes ;* et les *ailes* au nombre de quatre ou de deux; quelques Insectes n'ont pas d'ailes : la *Puce*.

L'*abdomen* renferme les organes de la nutrition.

L'*appareil digestif* des Insectes se compose de l'*œsophage*, du *jabot*, du *gésier* et de l'*intestin*.

L'*appareil circulatoire* est formé d'un tube, situé au-dessus du canal digestif et appelé *vaisseau dorsal* ; le sang se répand dans toutes les parties du corps et c'est à travers ces parties qu'il prend contact avec l'air.

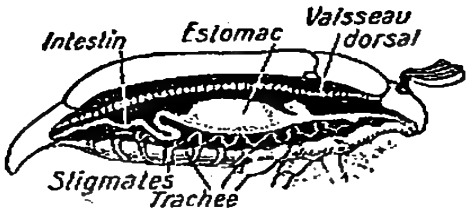


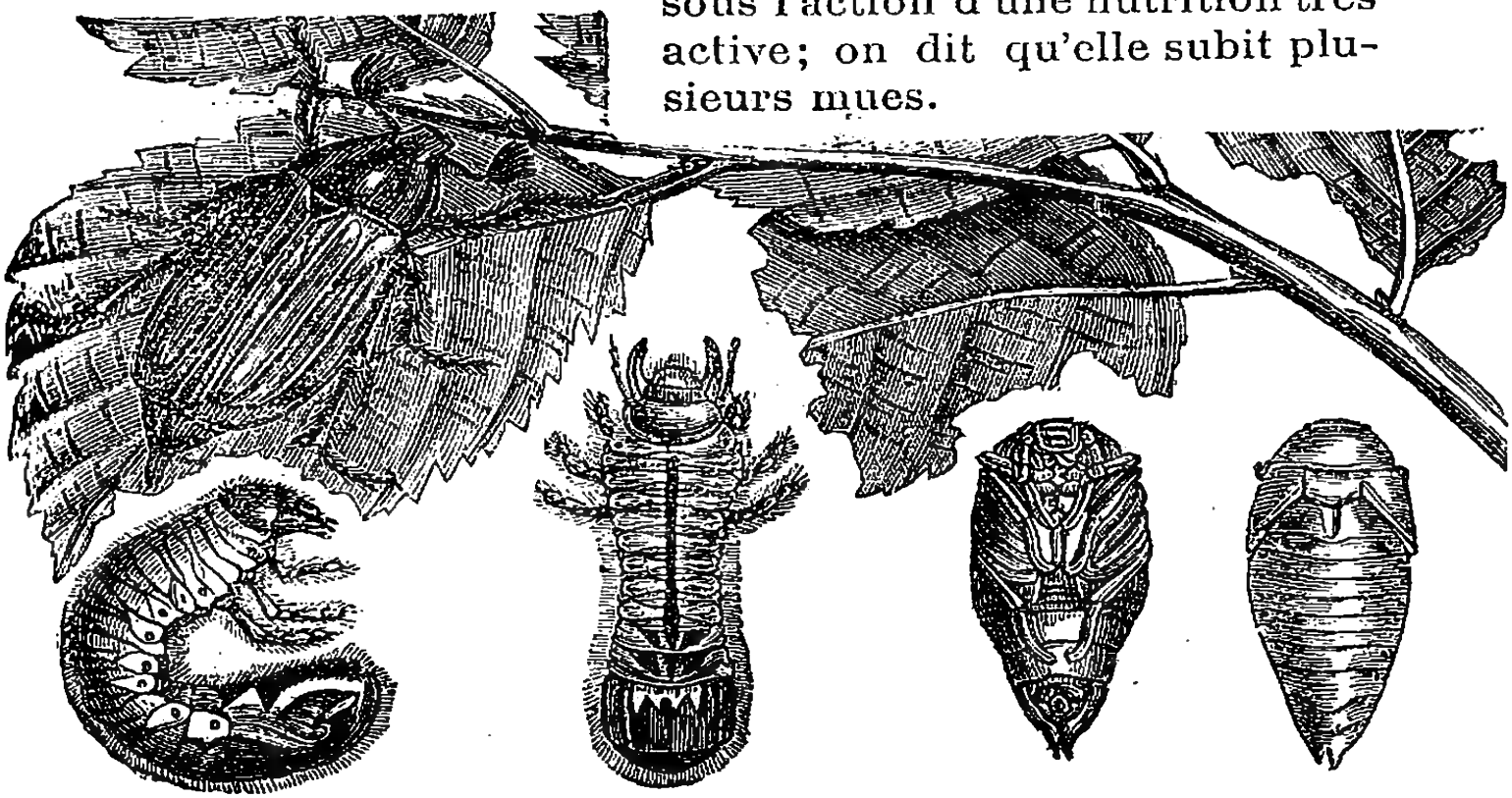
Fig. 122. – Organes du corps d'un insecte (Hanneton).

L'*appareil respiratoire* est composé de trachées, sorte de tubes s'ouvrant entre les anneaux de l'abdomen par de petites ouvertures nommées *stigmates*.

5. Métamorphoses. — 1. La plupart des insectes subissent des *métamorphoses* avant d'atteindre leur forme définitive. La métamorphose comprend quatre

phases : l'*OEuf*, la *Larve*, la *Nymphe* et l'*Insecte parfait* (fig. 123).

Au sortir de l'œuf, l'insecte est une *larve ;* en cet état, il ressemble à un ver, et s'appelle *chenille* lorsqu'il porte des pattes. Sous cette forme, la larve change de peau chaque fois que son corps augmente de volume sous l'action d'une nutrition très active; on dit qu'elle subit plusieurs mues.



Larves. Nymphe. Cocon

Fig. 123. — Métamorphoses complètes du Hanneton.

Après être restée à l'état de larve un certain temps, variable suivant les espèces, elle devient *nymphe* ou *chrysalide*. Elle cesse alors de prendre toute nourriture et paraît plongée dans un profond sommeil. Pour accomplir plus tranquillement la métamorphose qu'elle prépare avant de devenir insecte parfait, la chrysalide s'est enfermée au milieu d'une *coque*, ou *cocon*, fabriquée avec la soie qu'elle a tirée d'elle-même, ou bien elle s'est dissimulée dans quelque trou, ou bien encore elle a enroulé autour d'elle une feuille d'arbre.

4. Après un nouveau séjour sous cette forme, l'animal se ranime, perce son cocon et sort *insecte parfait*.

Il ne tarde pas à pondre et à placer ses œufs en lieu sûr avant de mourir.

6. **Subdivisions des insectes.** — Les Insectes, d'après le nombre des ailes et la composition de la bouche, se divisent en :

Insectes à quatre ailes ou *Tétraptères*,
Insectes à deux ailes ou *Diptères*,
Insectes sans ailes ou *Aptères*.

I. *Tétraptères* ou *Insectes à quatre ailes*. — Suivant la constitution de leurs ailes, nous diviserons les Insectes à quatre ailes en :

Coléoptères,	*Hémiptères*,	*Hyménoptères*,
Orthoptères,	*Névroptères*,	*Lépidoptères*.

1. Les **Coléoptères** ont une première paire d'ailes dures, appelées *élytres*, ne servant pas pour le vol, mais ayant pour fonctions de protéger la seconde paire molle et transparente. Ils renferment le *Hanneton* aussi nuisible que sa larve, le ver blanc ; le *Goliath* (fig. 124), le *Carabe doré* ou jardinière ; le *Lampyre* ou ver luisant, dont la larve femelle est seule luisante ; *scarabée* noir ou brun.

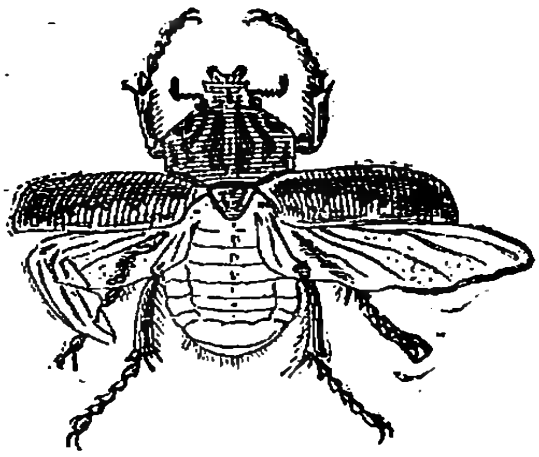


Fig. 124. — Goliath au 1/4 environ de la grandeur réelle (Coléoptère).

2. Les **Orthoptères** ont les

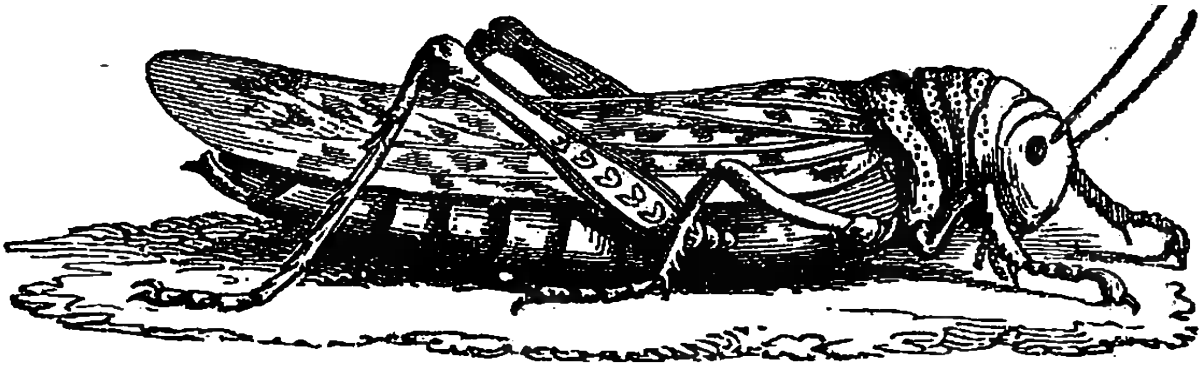


Fig. 125. — Sauterelle (Orthoptère).

ailes plissées dans le sens de la longueur : la *Saute-*

relle (fig. 125), le *Grillon* ou *Cricri*, la *Courtilière*, le *Perce-oreilles*, qui n'a jamais percé d'oreilles.

3. Les **Hémiptères** ont les élytres en partie dures, et en partie molles ; ils sont suceurs : la *Cigale* (fig. 126) ; la *Punaise des lits ;* la *Punaise de bois*, le *Phylloxera*.

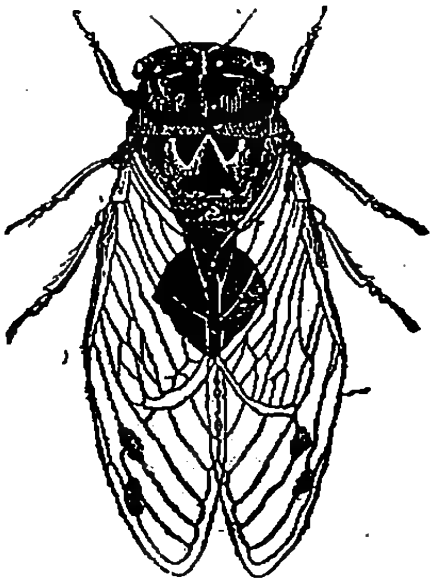


Fig. 126.— Cigale : grandeur réelle (Hémiptère).

4. Les **Névroptères** ont leurs quatre ailes transparentes et parcourues par des nervures ; telles sont les *Libellules* ou *Demoiselles* (fig. 127), les *Éphémères*.

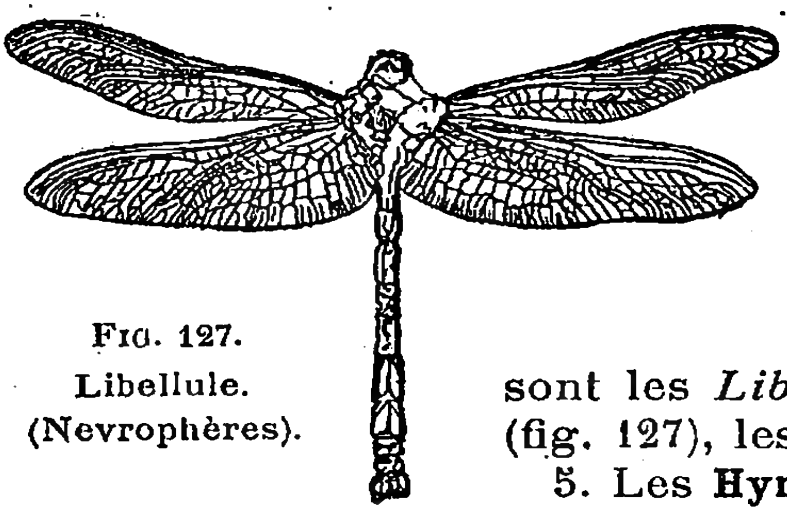


Fig. 127. Libellule. (Nevrophères).

5. Les **Hyménoptères** ont quatre ailes transparentes et à nervures peu nombreuses; leur bouche est munie d'une trompe, qu'ils introduisent dans les fleurs pour en sucer les sucs.

Ouvrière. Mâle ou faux bourdon. Reine.

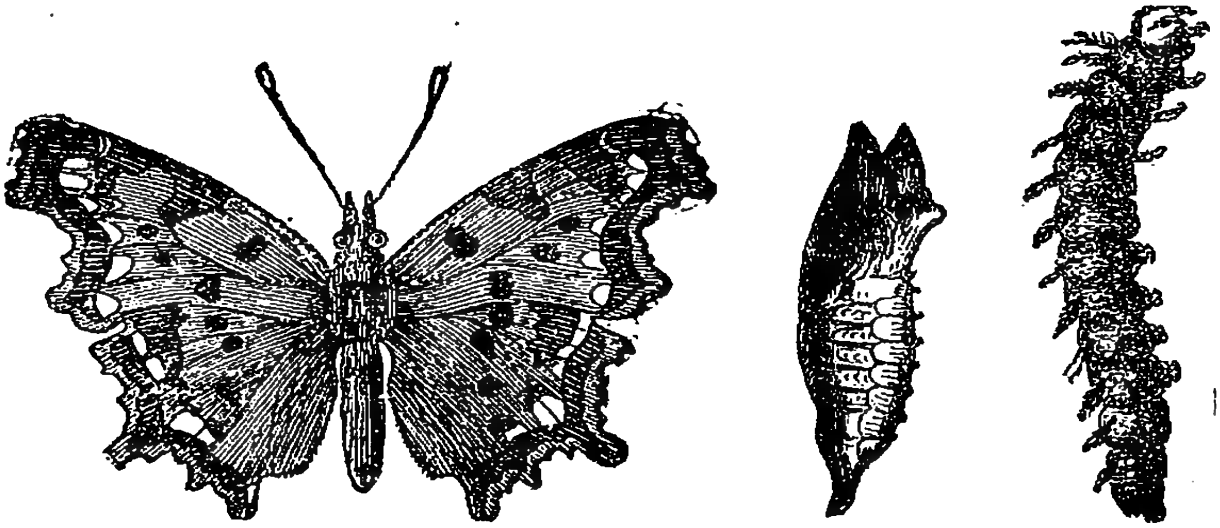
Fig. 128. — Abeilles (Hyménoptères).

Telles sont les *Abeilles* (fig. 128) qui vivent en colonies nombreuses et auxquelles nous prenons le miel et la

cire qu'elles avaient fabriqués et amassés pour leur permettre de se nourrir pendant l'hiver. Toutes, dans la ruche, n'ont pas les mêmes fonctions, ni la même forme. Les plus petites sont les *ouvrières ;* ce sont elles qui vont au dehors chercher le pollen et le nectar des fleurs avec lesquels elles forment le miel ; elles font aussi les travaux d'intérieur : construction des cloisons de cire, nettoyage, garde de la ruche. D'autres Hyménoptères plus gros, en petit nombre, sont les *faux bourdons* ou abeilles *mâles ;* puis une seule *abeille mère*, la reine, qui pond tous les œufs d'où sort un nouvel *essaim*.

Dans les Hyménoptères, nous trouvons encore les *Guêpes* et les *Fourmis*.

6. Les **Lépidoptères** ont leurs quatre ailes opaques



Insecte parfait. Nymphe. Larve.

Fig. 129. — Papillons (Lépidoptères).

et souvent garnies de couleurs brillantes : tels sont les *Papillons* (fig. 129).

II. ***Diptères et Aptères. Insectes à deux ailes et sans ailes.*** — 1. Les insectes à deux ailes ou *Diptères* comprennent les *Mouches domestiques*, les *Cousins* (fig. 131),

les *Moustiques*, nombreux au bord des eaux, parce que leurs larves sont aquatiques.

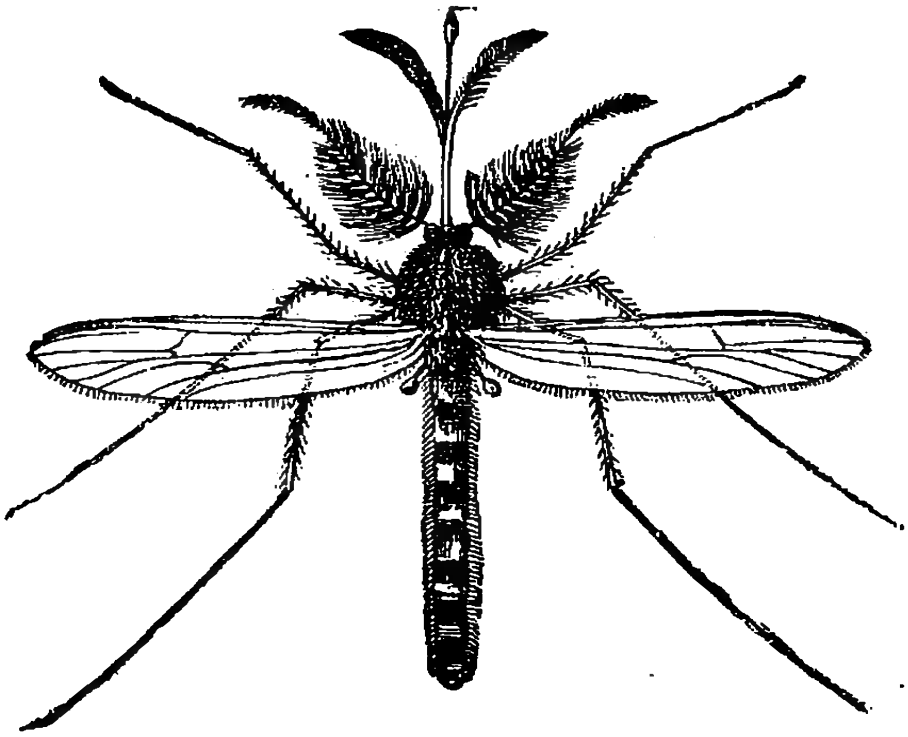


Fig. 131. — Cousin très grossi (Diptère).

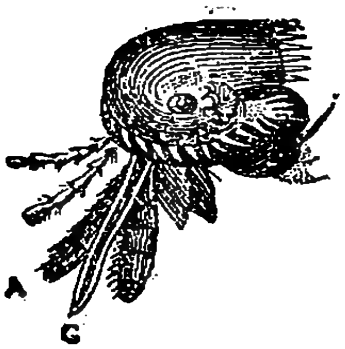


Fig. 130. — Tête de Puce (Aptère) très grossie. — A, gaine de suçoir. — C, soie de suçoir.

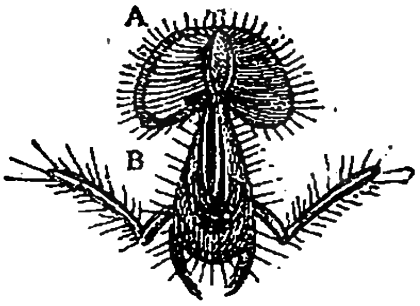


Fig. 132. — Suçoir de la mouche ordinaire (très grossi).

2. Les *Insectes sans ailes* ou *Aptères* comprennent les *Puces* et les *Poux*.

RÉSUMÉ

1. **Invertébrés.** — Les Invertébrés n'ont ni squelette, ni sang chaud. On les divise en quatre classes : les *Annelés* ou *Articulés*, les *Mollusques*, les *Rayonnés*, les *Protozoaires*.

2. **Annelés ou Articulés.** — Les Annelés ont le corps formé d'une suite d'anneaux ou de segments ou articles.

3. Ils comprennent les *Insectes*, les *Arachnides*, les *Crustacés* et les *Vers*.

4. **Insectes.** — Les Insectes ont le corps formé de la *tête*, du *thorax* et de l'*abdomen ;* ils ont *six pattes*.

L'appareil digestif se compose de l'*œsophage*, du *jabot*, du *gésier* et des *intestins*.

L'appareil circulatoire est formé d'un seul tube appelé *vaisseau dorsal*.

L'appareil respiratoire est composé de *trachées*.

5. Métamorphoses. — Ils subissent des métamorphoses : de l'*œuf* sort une *larve* qui devient *nymphe*, puis *insecte parfait*.

6. Subdivisions des Insectes. — Suivant la disposition ou la constitution de leurs ailes, les Insectes *à quatre ailes* sont : *Coléoptères :* Hanneton, Scarabée ; *Orthoptères :* Sauterelle, Perce-oreilles ; *Hémiptères:* Cigale, Punaise ; *Névroptères :* Libellule, Éphémère ; *Hyménoptères :* Abeille, Guêpe ; *Lépidoptères :* Papillon.

Les *Diptères* ou Insectes à *deux ailes* renferment les Mouches, les Moustiques. Les Poux et les Puces sont des nsectes sans ailes ou *Aptères*.

Questionnaire.

1. Quels sont les caractères généraux des Invertébrés ? — En combien de classes les divise-t-on ? — **2.** Quels sont les caractères généraux des Annelés ou Articulés ? — **3.** Énumérez les divers ordres de cette classe. — **4-1** Comment se divise le corps des Insectes? — 2. Qu'avez-vous à dire de leur tête? — 3. De leur thorax?

5-1. Combien distingue-t-on de phases dans les métamorphoses des Insectes? — 2. Dites ce que vous savez de la larve. — 3. De la chrysalide. — 4. De l'insecte parfait. — **6-I.** Comment divise-t-on les Insectes? — Que savez-vous des Coléoptères? — Des Orthoptères ? — Des Hémiptères ? — Des Névroptères ? — Des Hyménoptères et, en particulier, des Abeilles? — Parlez des Lépidoptères. — II. Citez des Insectes à deux ailes. — Sans ailes.

RÉDACTION. — Une ruche. — Ses habitants ; leurs caractères propres ; leur vie.

CHAPITRE XVIII

ANNELÉS OU ARTICULÉS (*Suite*)

1. Arachnides. — Caractères distinctifs. — Les Arachnides n'ont plus, comme les insectes, le corps divisé en trois parties distinctes; ils ont la tête et le corselet réunis ensemble ; leur corps ne comprend donc qu'un *céphalo-thorax* et un *abdomen* très développé et divisé en anneaux. Ils possèdent *huit pattes ;* pas d'ailes, pas d'antennes, mais, à la bouche, des *pinces*, quelquefois venimeuses. Les Araignées, en particulier, présentent à l'extrémité de l'abdomen quatre ou six mamelons appelés *filières* d'où s'échappe un liquide gluant qui se solidifie à l'air et avec lequel elles constituent les fils entre lesquels elles tissent leurs toiles.

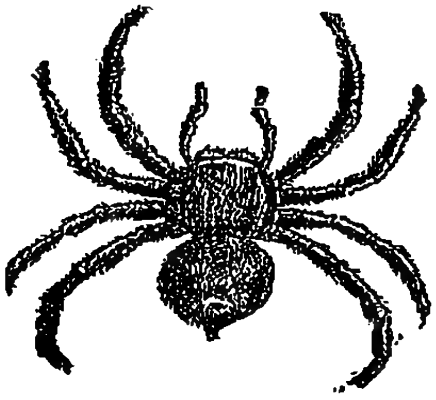


Fig. 133. — Araignée.

Fig. 134. Patte d'Araignée (très grossie).

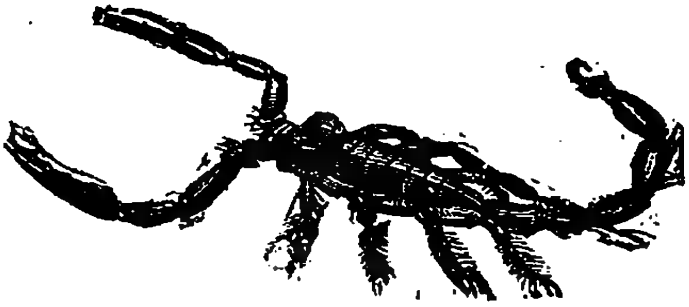


Fig. 135. — Scorpion.

Divers Arachnides. — 1. Les Arachnides renferment

tous les genres d'*Araignées*, le *Sarcopte de la gale* (fig. 136) qui creuse des galeries dans l'épiderme de l'homme et y cause la maladie de la *gale*, assez rapidement guérie maintenant ; le *Scorpion*, dont le corps allongé est terminé par un crochet venimeux.

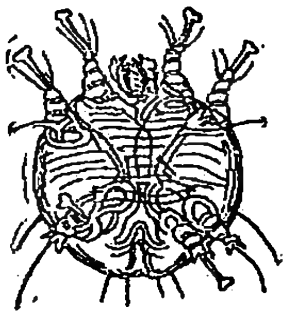
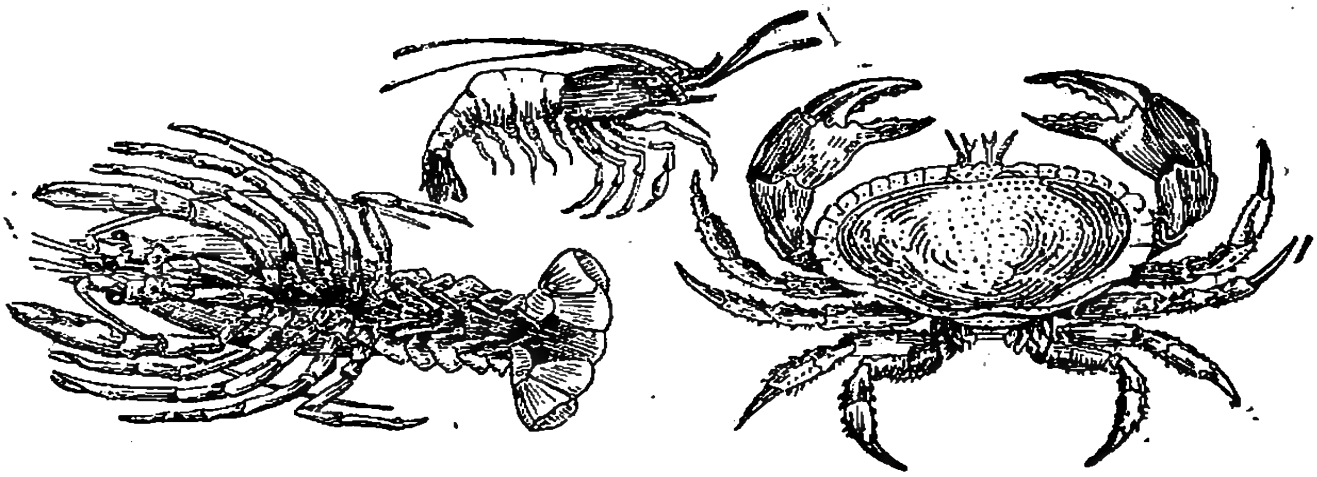


Fig. 136. — Sarcopte de la gale (grandeur 1/4 de mm.).

2. Dans une famille voisine des Araignées se trouve le *Scolopendre* ou *Mille-pieds* dont chaque anneau porte quatre pattes.

2. Crustacés. — Caractères distinctifs. — Les Articulés crustacés, l'*Écrevisse*, par exemple, ont la peau incrustée d'une matière pierreuse grise, plus ou moins foncée (qui devient rouge par un séjour dans l'eau bouillante). Ils ont des pattes nombreuses, de cinq à sept paires. Ils vivent dans l'eau et respirent par les branchies comme les poissons.



Langouste. Crevette. Crabe.

Fig. 137. — Types de Crustacés.

Principaux Crustacés. — Les principaux Crustacés sont l'*Écrevisse*, le *Homard*, la *Langouste*, les *Crevettes*, les *Crabes* (fig. 137) dont l'abdomen est replié sous le thorax ; le *Bernard-l'Ermite* ou *Pagure*, qui protège son abdomen mou dans la coquille vide d'un petit mollusque.

3. Ver. — CARACTÈRES DISTINCTIFS. — **Les Vers ont** le corps mou, composé d'anneaux; ils n'ont pas de pattes; ils ont quelquefois des soies raides qui peu-

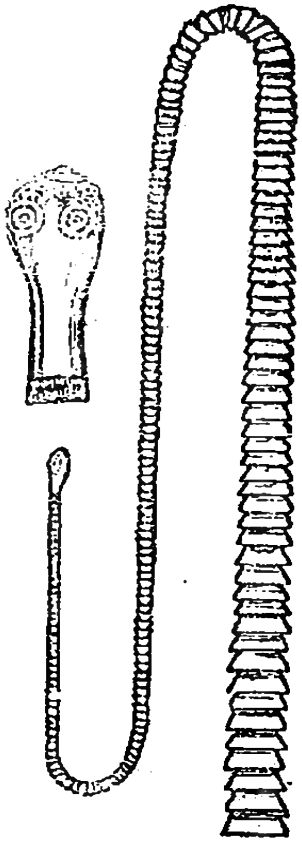


FIG. 140. — Tête et anneau du Ténia.

FIG. 138. Suçoir de la Sangsue.

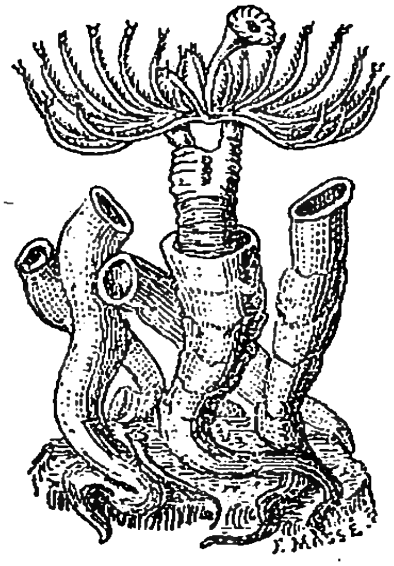


FIG. 139. — Serpules.

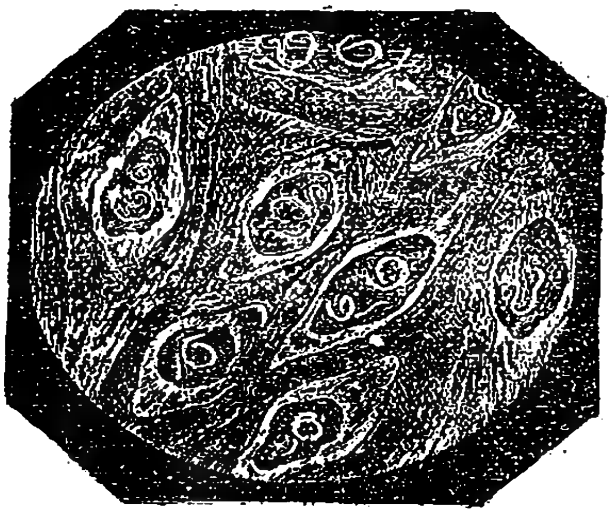


FIG. 141. — Vue au microscope d'un muscle farci de Trichines.

vent leur en tenir lieu. La tête n'est plus distincte du reste du corps.

Vers les plus connus. — 1. Les vers les plus connus sont : le *Ver de terre* ou *Lombric*, la *Sangsue*, dont la bouche est armée de trois mâchoires tranchantes qui lui servent à couper la peau des animaux dont elle suce le sang; les *Tubicoles* et les *Serpules*, vers marins qui se construisent des étuis calcaires pour protéger leur corps.

2. Dans les intestins des hommes et des animaux on

trouve : l'*Ascaride lombric*, assez semblable au ver de terre, mais plus blanc, fréquent chez les enfants; le *Ténia*, ou *Tœnia*, ou *Ver solitaire*, dont la tête est solidement fixée à la paroi de l'intestin chez l'homme; puis un très petit ver, la *Trichine*, venant, comme le Ténia, de la viande de porc trichinée, mangée imparfaitement cuite ; la trichine se promène dans toutes les parties de notre corps, cause des désordres graves et peut amener la mort.

3 Enfin, dans les eaux stagnantes, on rencontre de tout petits vers, à peine visibles à l'œil, mais qu'on découvre à l'aide du microscope; ce sont des *Rotateurs*, dont la bouche est garnie de cils qu'ils font mouvoir avec une grande rapidité. Ils possèdent la singulière propriété de suspendre pour ainsi dire leur vie lorsqu'ils sont desséchés, mais de reprendre toute leur vitalité lorsqu'on vient à les humecter.

RESUMÉ

1. Arachnides. — Les Arachnides, ou Araignées, ont un *céphalo-thorax;* ils ont *huit pattes ;* avec les Araignées nous trouvons le *Scorpion* et le *Sarcopte de la gale.*

2. Crustacés. — Les Crustacés ont la peau calcaire ; ils sont aquatiques : l'*Écrevisse*, les *Crabes.*

3. Vers. — Les Vers n'ont plus de pattes : le *Ver de terre*, le *Ver solitaire*, les *Rotateurs* des eaux stagnantes.

Questionnaire.

1. Quels sont les caractères distinctifs des Arachnides? — Nommez-en. — **2.** Quels sont les caractères distinctifs des Crustacés ? — Citez-en. — **3.** Quels sont les caractères distinctifs des Vers? — Nommez les plus connus. — Nommez des vers vivant dans l'intestin. — Qu'appelle-t-on Rotateurs ?

RÉDACTION. — Histoire d'une toile d'araignées. — Caractères et instincts du constructeur.

CHAPITRE XIX

MOLLUSQUES. — RAYONNÉS. — PROTOZOAIRES

I. — MOLLUSQUES

1. Caractères généraux. — Les Mollusques, comme la Limace et l'Huître, ont un corps mou, qu'on ne peut cependant pas confondre avec celui des Vers, parce qu'il est dépourvu de toute articulation. Ce corps mou est généralement protégé par une ou deux coquilles pierreuses que l'animal se construit lui-même. Les Mollusques vivent presque tous dans la mer.

Divers Mollusques. — 1. Dans cette classe se trouvent les *Poulpes* ou *Pieuvres*, animaux ayant une grosse tête percée de deux yeux énormes ; de la tête s'échappent quatre ou cinq paires de longues lanières garnies de ventouses, nommées *tentacules*, qui leur servent à se fixer solidement aux rochers sous-marins (fig. 142). Les pieuvres sont abondantes sur les côtes normandes et dans les mers d'Asie, elles peuvent atteindre des développements tels qu'elles deviennent redoutables pour l'homme. A l'approche du danger, les pieuvres laissent échapper une matière colorante brune qui trouble fortement l'eau et protège leur fuite.

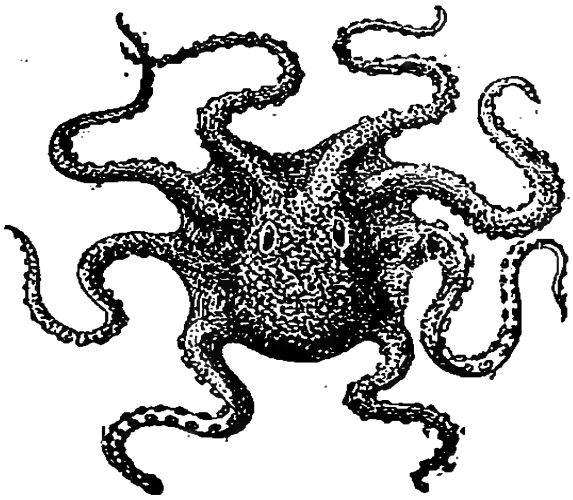


Fig. 142. — Pieuvre (longueur, les bras étendus, 1 mètre environ).

Voisins des pieuvres sont les *Seiches*, le *Calmar* et

l'*Argonaute* dont la femelle se loge dans une mince

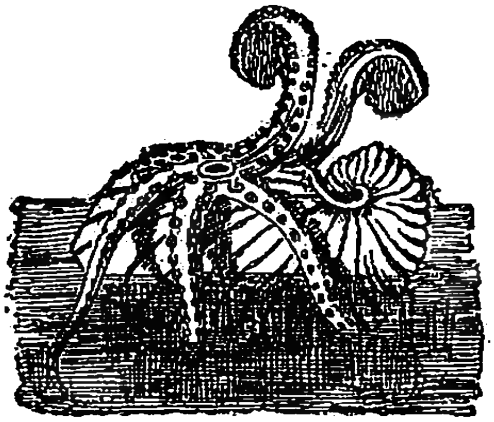


Fig. 143. — Argonaute.

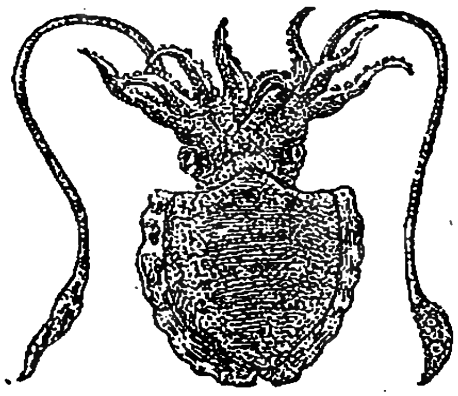


Fig. 144. — Seiche.

et élégante coquille qu'elle abandonne à son gré.

Fig. 145. — Limace.

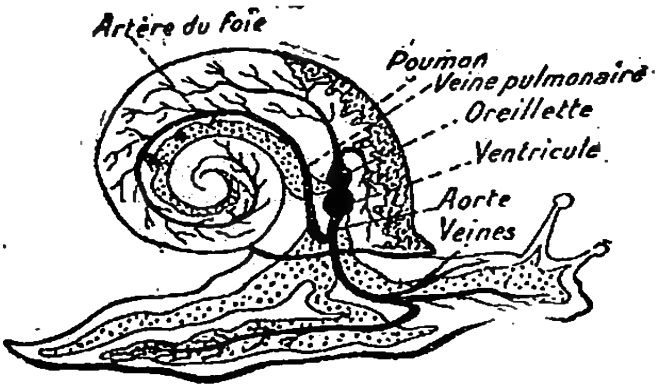


Fig. 146 — Coupe d'un escargot.

2. Dans la même classe on place les *Limaces*, les *Escargots*, et la presque totalité des coquillages marins que nous recherchons soit pour la singularité des formes, soit pour la variété des couleurs : les *Porcelaines*, les *Toupies*, les *Murex*, etc. Les Mollusques qui habi-

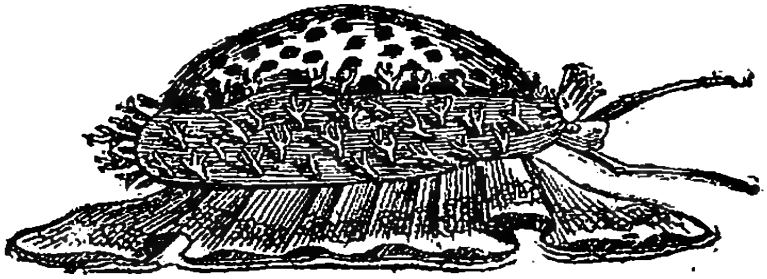


Fig. 147. — Porcelaine.

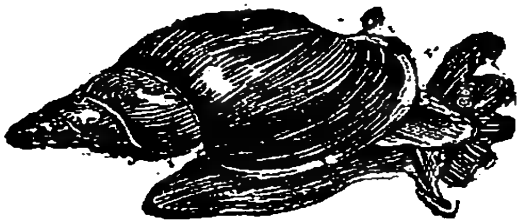


Fig. 148. — Scalaire.

tent ces coquillages ont une tête portant des tentacules, à l'extrémité desquels se trouvent souvent placés les yeux.

. Enfin les *Huîtres* (fig. 149), les *Moules*, les *Coquilles de Saint-Jacques*, les *Bénitiers*, ont le corps protégé par une coquille double, à *deux valves ;* mais il n'y a plus chez eux apparence de tête ; certains même, l'Huître par exemple, ne se déplacent plus dès qu'ils sont fixés une fois au rocher. La partie intérieure de la coquille d'huître est très polie et luisante ; elle constitue la nacre utilisée dans l'industrie des boutons, des manches de couteau, etc. C'est dans une espèce d'huîtres, l'*huître-perlière*, qu'on rencontre des perles précieuses, si recherchées en bijouterie.

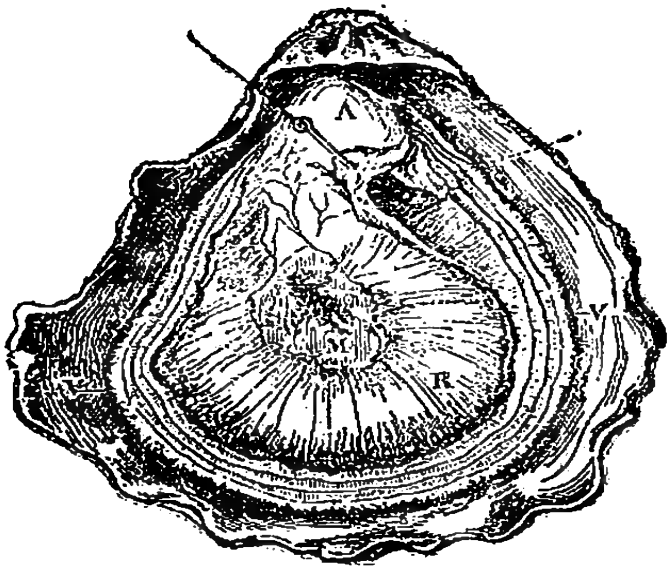


Fig. 149 — Huître.

A, capuchon ; — V, branchies ; — M, muscles fermant les valves ; — R, manteau.

II. — RAYONNÉS

2. Caractères généraux. — 1. Dans cette classe du règne animal, nous trouvons placés des animaux de formes très bizarres. Ils n'ont pas de tête distincte; on ne peut assigner à leur corps ni droite, ni gauche; ils ressemblent soit à des fleurs, soit à des champignons, soit à des châtaignes.

2. A cause de leur ressemblance avec des plantes, on a pu les appeler *animaux-plantes* ou *zoophytes*. Parce que, d'un noyau central s'échappent souvent des rayons dans des directions diverses, on les a appelés aussi *Rayonnés*.

Tous les Rayonnés sont aquatiques et surtout marins.

Divers Rayonnés. — A la classe des rayonnés appar-

tiennent l'*Étoile de mer* (fig. 150) semblable à une étoile à cinq branches ; l'*Oursin*, armé de piquants comme la châtaigne ; puis la *Méduse*, espèce

Fig. 150. — Étoile de mer.

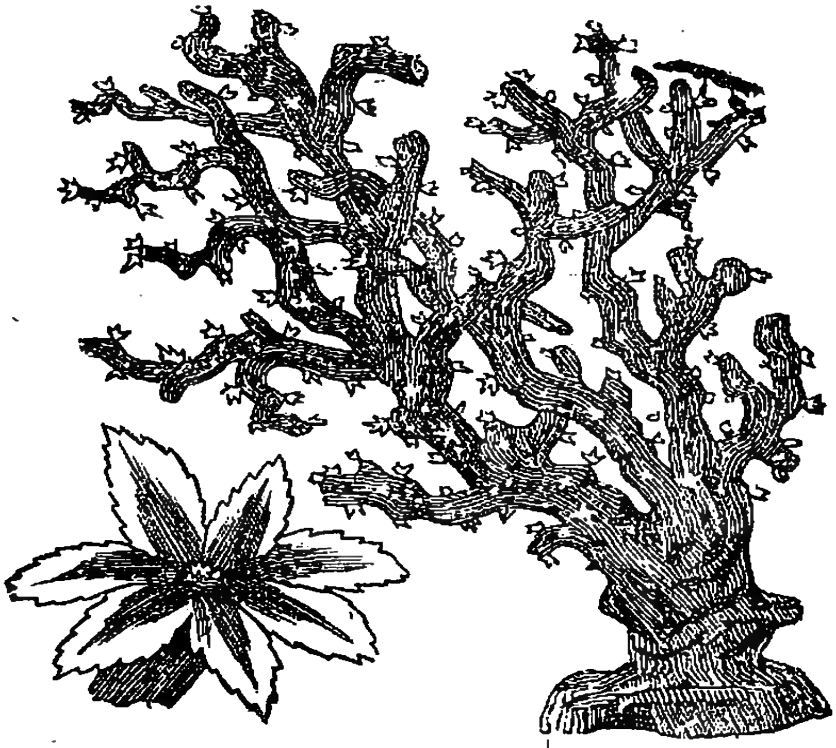


Fig. 151. — Polype de corail.

de champignon gélatineux ; les *Anémones de mer*, dont les tentacules sont diversement colorés ; les *Polypes du corail*, qui se réunissent en colonies nombreuses autour d'une espèce d'arbre d'un beau rouge à l'intérieur, et qu'ils sécrètent eux-mêmes. Ces polypes for

Fig. 152. — Éponge.

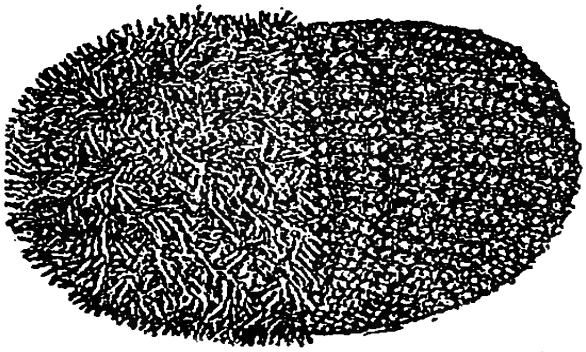


Fig. 153. — Oursin.

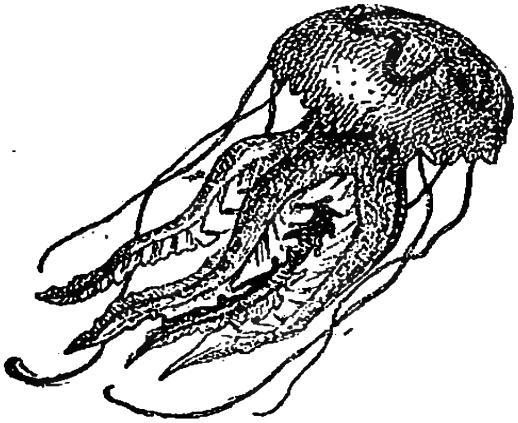


Fig. 154. — Méduse.

ment une couche gélatineuse autour de leur support, et, de loin en loin, s'épanouissent en étoiles de diverses couleurs sur le pied et les branches de l'arbre qu'ils ont constitué. Puis les *Éponges*, formées elles aussi d'une masse gélatineuse mais sans bourgeons, sécrétant un support corné que vous connaissez bien : car l'éponge qui vous sert pour la toilette, c'est le support de la colonie animale appelée Éponge.

III. — PROTOZOAIRES

3. **Caractères généraux.** — 1. Les Protozoaires, dont le nom veut dire *animaux primitifs*, sont si petits que l'œil ne peut en soupçonner la présence, on ne peut les découvrir et les étudier qu'à l'aide de puissants microscopes. On distingue les *Infusoires*, qui se développent avec une grande rapidité dans les eaux corrompues : leurs formes sont très diverses. Parmi les Infusoires, on peut citer les *Noctiluques*, qui nagent en bancs d'une étendue considérable, et donnent à la mer agitée un aspect phosphorescent.

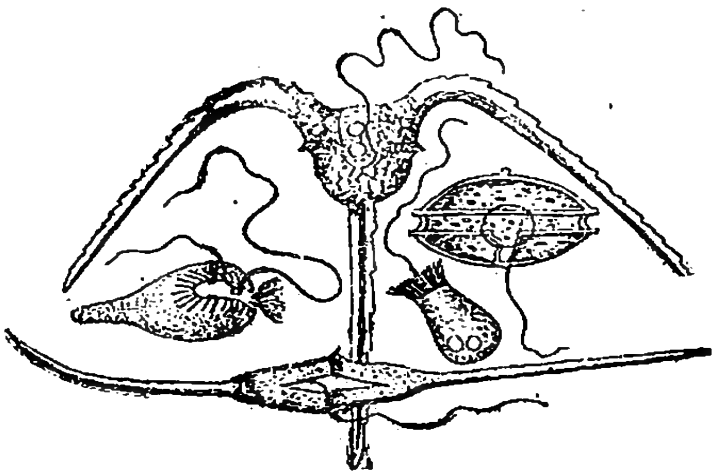


Fig. 155. — Infusoires. Péridiniens très grossis.

2. Parmi ces animaux, certains même, les *Foraminifères*, sont enfermés dans une coquille. Ainsi, les grains de craie qui tachent les doigts lorsqu'on écrit au tableau ne sont autres que des coquilles de ces petits animaux, qui ont vécu aux époques géologiques où se sont déposés les terrains que nous exploitons aujourd'hui pour en tirer la craie.

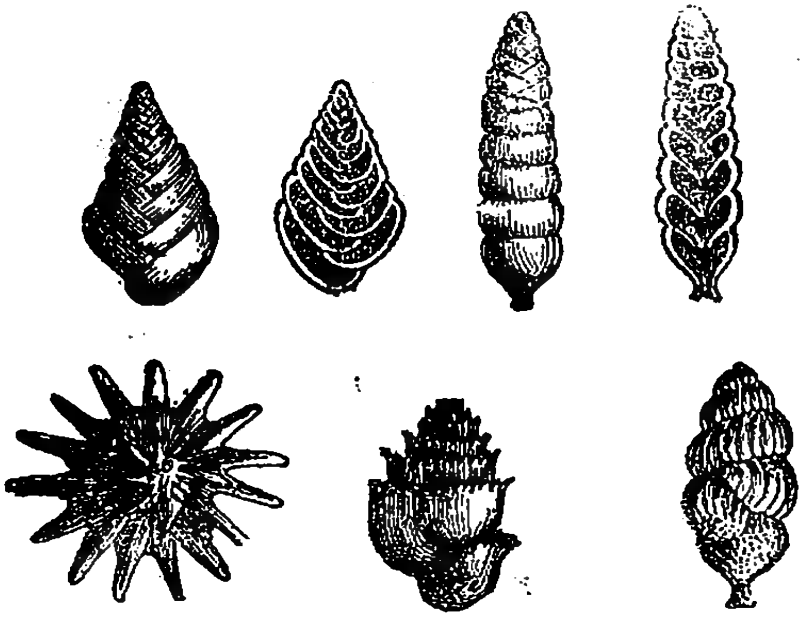


Fig. 156.— Teste calcaire de Foraminifères très fortement grossi.

RÉSUMÉ

1. Mollusques. — Les Mollusques ont le corps mou ; ils ne sont pas articulés ; ils sont presque tous marins.

Les principaux Mollusques sont : la *Pieuvre*, les *Escargots*, les *Huîtres*.

2. Rayonnés. — Les Rayonnés ou Zoophytes ont des formes bizarres, ils sont généralement marins.

Les principaux Rayonnés sont : l'*Étoile de mer*, l'*Oursin*, les *Polypes du corail*.

3. Protozoaires. — Les Protozoaires renferment les animaux microscopiques vivant soit dans les eaux stagnantes, soit dans la mer : les *Infusoires*, les *Noctiluques*, les *Foraminifères*.

Questionnaire.

1. Quels sont les caractères généraux des Mollusques ? — Que savez-vous des Pieuvres ? — Citez d'autres Mollusques. — A quoi servent les Huîtres ? — **2.** Quels sont les caractères généraux des Rayonnés ? — Pourquoi les appelle-t-on *Rayonnés* et *Zoophytes* ? — Citez quelques Rayonnés. — **3.** Que savez-vous des Protozoaires ? — Nommez-en quelques-uns en faisant connaître certaines de leurs particularités. — De quoi se compose la craie ?

Rédaction. — L'escargot et l'huître. Leurs ressemblances ; leurs différences.

CHAPITRE XX

ANIMAUX UTILES

1. A quoi servent les animaux. — Les animaux sont utiles à l'homme. Ils servent à son *alimentation;* ils l'*aident dans ses travaux;* ils lui fournissent la matière première de ses *vêtements*, et parfois des produits utiles ou précieux pour sa *parure;* enfin certains le débarrassent d'autres animaux nuisibles, etc.

2. Alimentation. — 1. L'homme se nourrit de la chair de presque tous les animaux.

Mammifères. — Mais ce sont surtout les *Mammifères* et en particulier le *Bœuf*, le *Mouton* et le *Porc* qui forment le fond de son alimentation.

2. Le *Bœuf* est un ruminant domestiqué depuis les temps les plus anciens. Il comprend de nombreuses races qui ont chacune des qualités distinctes pour la boucherie, ce sont les races Durham et hongroise qui sont les meilleures. Généralement on utilise d'abord le bœuf pour les travaux de l'agriculture, puis on l'engraisse avant de le livrer à la boucherie.

Les *Vaches* sont élevées pour leur lait; suivant les races et la nourriture qu'elles reçoivent, elles peuvent fournir en moyenne de 10 à 15 litres de lait par jour Les meilleures vaches laitières sont les vaches bretonnes, normandes, flamandes. Comme les bœufs, les vaches peuvent être engraissées et livrées à la boucherie.

Les jeunes bœufs s'appellent *Veaux;* comme tels, on les vend à la boucherie vers l'âge de deux ou trois mois.

3. Le *Mouton* est aussi un ruminant domestique. Comme animal de boucherie, c'est surtout le mouton

de race bretonne ou flamande qu'on préfère; on l'engraisse vers l'âge de trois ou quatre ans soit au pâturage, soit à la bergerie.

4. Le *Porc* est l'animal domestique le plus répandu dans le monde entier, en raison des grandes ressources que sa chair offre comme aliment. Les races de porcs sont très variées ; chaque pays pour ainsi dire a la sienne.

En France, la race normande est celle qui donne le meilleur rendement en chair et en graisse.

C'est une erreur de croire que le porc se complaît dans la malpropreté; il aime à se baigner dans l'eau claire et profite d'autant mieux que le toit qui lui est réservé est plus aéré et mieux entretenu. Sa viande est une des principales ressources pour les habitants des campagnes. Suffisamment cuite elle est très saine et d'un prix peu élevé; en outre, sa graisse fondue peut remplacer le beurre.

5. Les autres mammifères qui servent à l'alimentation habituelle de l'homme sont : le *Lapin*, domestique ou sauvage; le *Lièvre*, le *Chevreuil* ; en Australie, le *Kangourou*.

6. **Oiseaux**. — Les *Oiseaux* paient un large tribut à la nourriture de l'homme : *Pigeons*, *Poules*, *Canards*, *Oies*, etc.

7. **Poissons**. — Presque toutes les espèces de *Poissons* sont comestibles, et leur pêche est une source de gros profits pour les habitants du littoral français.

Dans les eaux douces, nous trouvons les petits Poissons blancs, puis le *Brochet*, la *Perche*, la *Carpe*, la *Truite*, etc. ; les *Anguilles* qui vont pondre à la mer, et dont les petits remontent ensuite jusque dans les ruisseaux; le *Saumon*, poisson de mer, qui va, au contraire, pondre dans les ruisseaux d'eau douce et don les petits descendent à la mer.

Dans la mer, on pêche la *Sardine*, qui voyage en bancs d'une étendue souvent considérable et qu'on prend sur nos côtes de l'Océan et de la Méditerranée ;

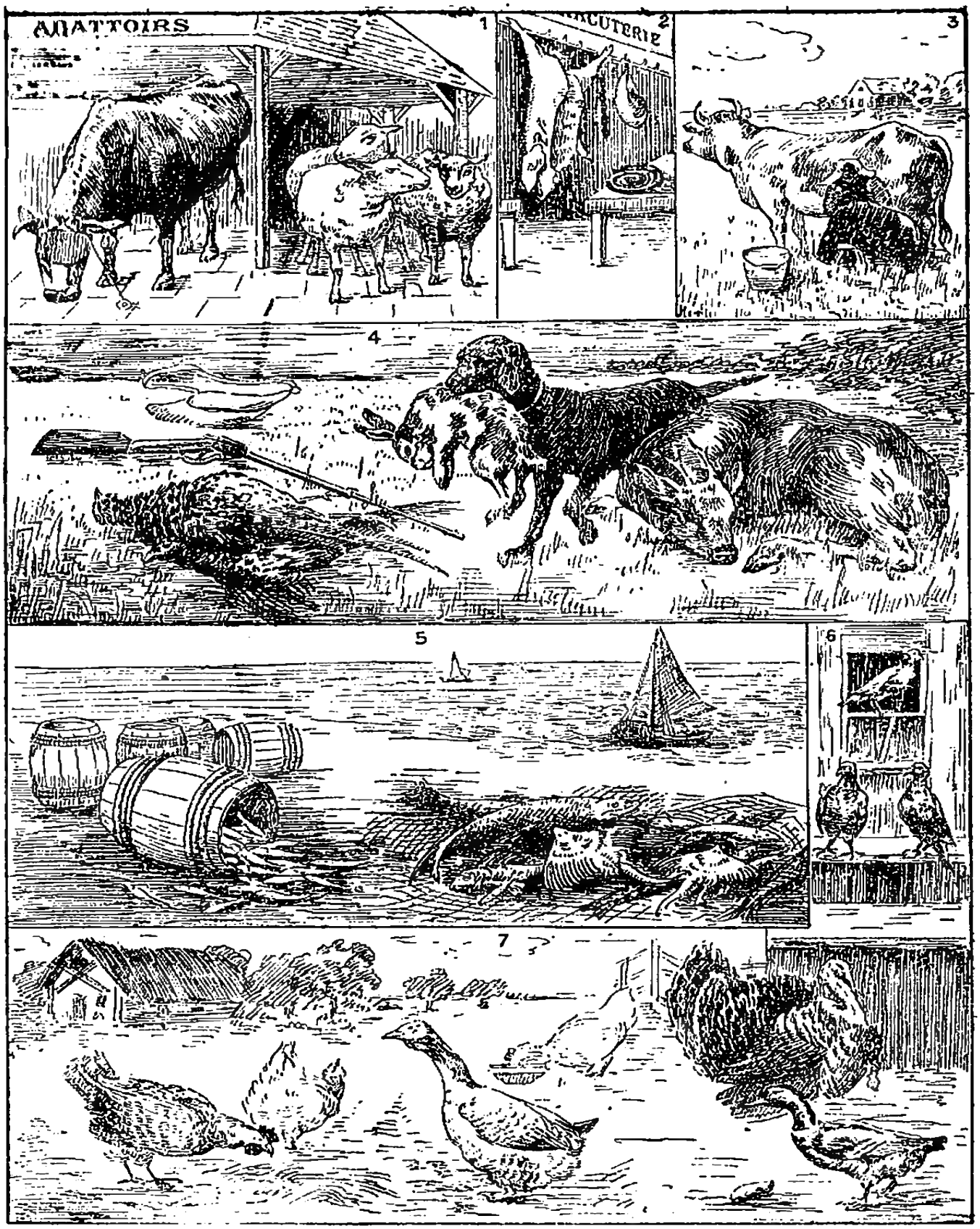


Fig. 157. — Animaux servant à l'alimentation.

1. Abattoir : bœuf prêt à être abattu ; moutons. — 2 Charcuterie : porc suspendu à l'étal ; sur la table, du boudin fait avec le sang du porc — 3. Vache se laissant traire. — 4. Gibier : faisan, lièvre, cerf. — 5. Poissons de mer ; sur les flots une barque de pêcheurs ; à gauche, des barils servant au transport et à la salaison des poissons. — 6. Pigeons. — 7. Animaux de basse-cour : poules, oie, dinde, canard.

les *Harengs* qui forment des bancs ayant plusieurs kilomètres de longueur et des centaines de mètres de profondeur et se pêchent à l'époque de la ponte, lorsqu'ils s'approchent des côtes, en Écosse et en Angleterre; la *Morue* qui abonde en Islande et sur le banc de Terre-Neuve; c'est pour elle qu'on équipe chaque année des milliers de bateaux anglais, français, américains, danois, hollandais.

Sur les côtes, on se livre à la pêche des *Homards*, des *Langoustes*, des *Crevettes*, des *Mollusques marins*, des *Huîtres*, des *Moules*, etc.

8. Les ennemis des poissons sont nombreux; ce sont d'abord les poissons eux-mêmes, puis l'homme avec ses engins de pêche de plus en plus perfectionnés. Aussi les rivières seront-elles rapidement dépeuplées si on ne cherche à les repeupler par les produits que peut fournir en abondance la pisciculture.

A certaines époques de l'année, on provoque la sortie des œufs mûrs des poissons femelles en les pressant un peu avec les mains; ces œufs sont recueillis dans des tamis contenant de l'eau courante et mis en contact avec la *laitance* que, par le même procédé, on a fait sortir des poissons mâles; les œufs éclosent, les jeunes poissons, nourris, grossissent rapidement, et on les lâche dans les cours d'eau à un âge où les dangers sont moins nombreux pour eux que lorsqu'ils étaient tout petits ou même à l'état d'œufs.

9. ***Insectes.*** — Parmi les *Insectes*, il n'y a guère que les *Abeilles* dont nous utilisions un produit pour notre nourriture : le *miel*. Les abeilles tirent le miel du nectar des fleurs et le déposent dans les alvéoles de cire qu'elles-mêmes ont construits : dès qu'un alvéole est plein, il est bouché par une petite plaque de cire pour empêcher la corruption du miel à l'air. Ce miel doit être consommé par les abeilles quand la saison mauvaise ne leur permettra plus de trouver leur nourriture en dehors de la ruche. L'élevage des abeilles, le soin à donner aux ruches, s'appelle *Apiculture*.

3. Travail. — 1. Les animaux qui nous aident dans nos travaux sont d'abord le *Cheval,* qui par sa force et sa douceur est notre meilleur auxiliaire.

Le cheval commence à travailler vers quatre ou cinq ans; il peut rendre des services jusqu'à vingt ans et plus.

Les principales races de *Chevaux de trait* (c'est-à-dire pour tirer) sont les boulonnais, les percherons.

Les meilleures races de *Chevaux de selle* (c'est-à-dire sur lesquels on monte) sont les anglo-normands.

2. L'*Ane,* plus petit et moins fort que le cheval, a des oreilles bien plus longues; il peut rendre les mêmes services que lui ; il est moins difficile à nourrir.

3. Le *Mulet* tient le milieu entre le cheval et l'âne ; il a les qualités des deux. A cause de la sûreté de son pied, il est d'une grande utilité dans les pays montagneux.

4. Le *Chien,* le meilleur ami de l'homme, lui rend des services très variés. Les *Chiens de berger* gardent et dirigent les troupeaux de moutons ou de bœufs ; les *Chiens de garde* veillent la nuit ; les *Chiens de chasse* aident à découvrir le gibier et le rapportent lorsqu'il est tué.

Dans les régions polaires, c'est le chien qui, attelé aux traîneaux, transporte hommes et bagages.

5. Le *Bœuf* sert dans de nombreuses régions de France à tous les travaux d'agriculture ; il sert même aux charrois. Il est plus lent que le cheval, mais beaucoup plus fort.

4. Vêtements. — 1. Le mouton nous fournit non seulement sa chair mais sa laine, et la laine est le produit le plus apprécié pour la confection des tissus servant à nous vêtir. Les meilleures races de moutons pour cet usage sont les moutons à *courte laine :* mérinos d'Espagne, race pyrénéenne et race du centre de la France.

On tond les moutons en été, et on lave leur laine à grande eau, pour la débarrasser de la matière graisseuse ou *suint* qui l'enduit.

2. Le *Bœuf* nous fournit sa peau, qui, par le *tannage*, est transformée en cuir pour faire nos chaussures. La peau de la jeune Chèvre ou *Chevreau* sert également pour les gants et les chaussures fines.

3. Le *Ver à soie* du mûrier nous livre la soie qui constitue son cocon, pour former nos magnifiques tissus de soie. Avant de dévider la soie des cocons, on porte ceux-ci, alors que la chrysalide y est encore enfermée, dans des étouffoirs à vapeur, puis on dévide et on file la soie.

Dans le Midi de la France, il existe des *magnaneries* pour l'élevage des *magnans* ou larves de vers à soie ; mais c'est surtout en Chine qu'on se livre à la sériciculture (*séricum* = soie).

4. Les *Renards*, certaines espèces de *Chèvres*, le *Castor*, la *Loutre*, la *Marte*, l'*Hermine*, etc., nous fournissent les fourrures dont nous nous couvrons l'hiver.

5. **Parure.** — 1. Les *Oiseaux* nous donnent leurs plumes : tels l'*Autruche*, les *Oiseaux de paradis*, même les *Hirondelles* et les autres *Passereaux*, dont on fait, au moment de leur passage dans le Midi, de véritables hécatombes.

2. Les *Huîtres perlières* nous donnent des perles, qui atteignent parfois des prix considérables ; les *Polypes* du corail nous cèdent leur support dont le centre, de couleur rose, sert pour la confection d'objets de parure.

La *Tortue* marine, appelée *Caret*, nous fournit son *écaille* servant à fabriquer des peignes, des porte-monnaie, etc.

Les *Mollusques à coquilles* nous donnent la *nacre*.

3. Les *Os* de plusieurs animaux servent à fabriquer : des manches de couteau, des boutons, etc. Avec les *dents*, surtout les défenses de l'éléphant, on fabrique les objets en ivoire.

4. Le *Chevrotin porte-musc* est muni d'une poche remplie d'une matière grasse, d'où on extrait le musc.

5. De la *Baleine* nous retirons la graisse huileuse et

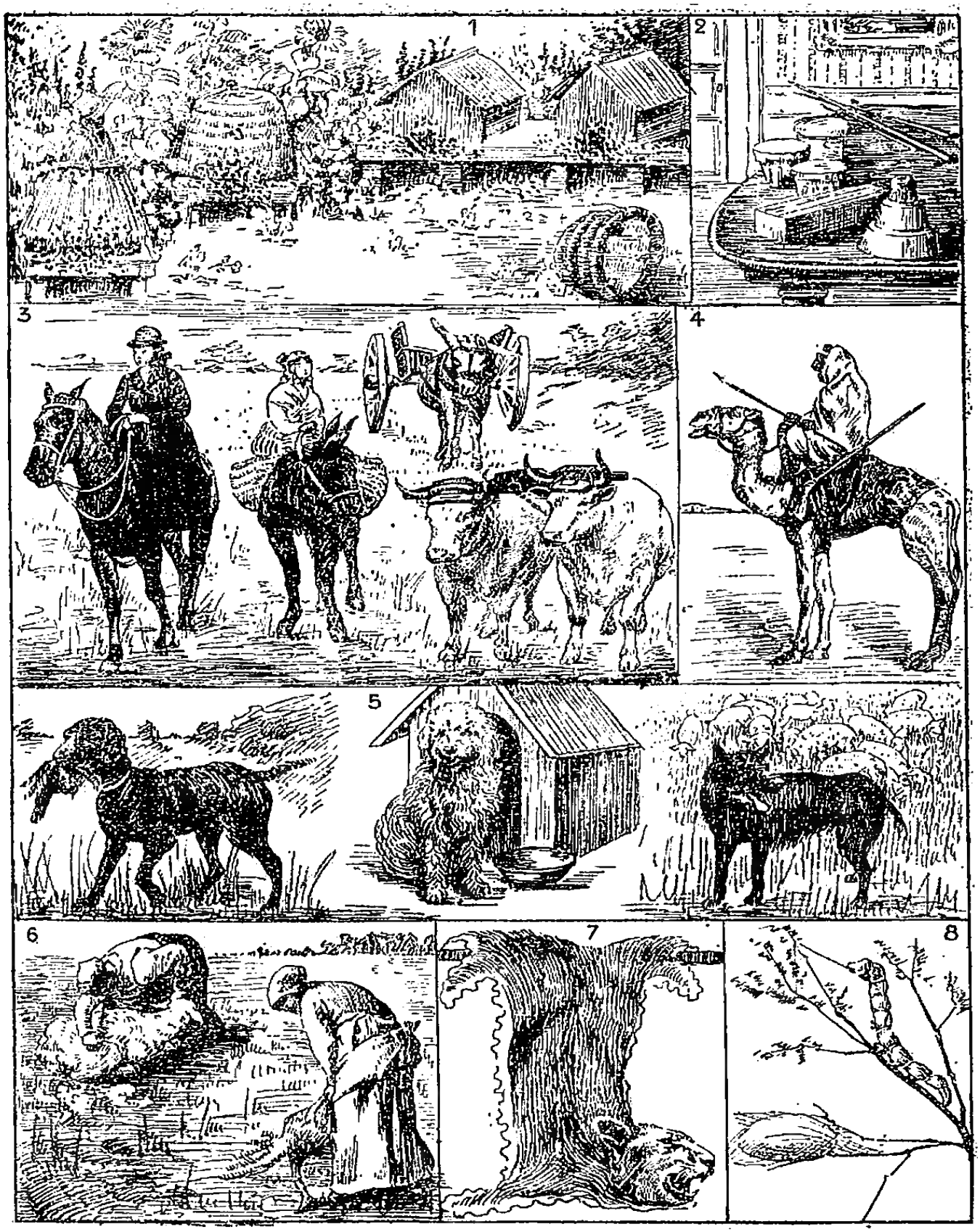


Fig. 158. — Animaux utiles.

Alimentation. — 1-2. L'abeille et ses produits : cire et miel.
Travail. — 3. Animaux de trait et de selle : cheval, mulet, âne, bœufs. — 4. Chameau. — 5. Chiens de berger, de chasse et de garde.
Vêtements. — 6. Le mouton et sa laine ; l'oie plumée. — 7. Peau de lion servant de tapis. — 8. Le ver à soie et son cocon.

es fanons qui garnissent sa mâchoire supérieure ; du *Cachalot*, le *blanc de baleine*, matière grasse qui remplit une énorme cavité de la tête de cet animal et qui sert notamment à la fabrication des bougies fines.

6. Animaux qui détruisent les animaux nuisibles. — Parmi ces animaux, citons le *Chat* qui fait la chasse aux souris ; puis les mammifères insectivores, tels que le *Hérisson*, la *Taupe*, la *Chauve-Souris* qui détruisent les insectes ; les *Couleuvres* et les *Crapauds*, mangeurs de limaces ; de nombreux *Oiseaux* insectivores comme le *Pic* et presque tous les passereaux ; la *Chouette* et le *Hibou*, qui, la nuit, font une chasse acharnée aux rats, aux souris et aux mulots, maraudeurs de nos champs.

RÉSUMÉ

1. A quoi servent les animaux. — Les animaux utiles servent à notre *alimentation*, à notre *habillement*, à notre *parure;* ils nous *aident* dans nos travaux, et nous *préservent* des *animaux nuisibles.*

2. Alimentation. — Pour la nourriture, nous utilisons le *bœuf*, le *veau*, le *mouton*, le *porc* et autres mammifères ; les *oiseaux* les *poissons ;* le *miel des abeilles.*

3. Travail. — Pour nous aider dans nos travaux, nous avons le *cheval*, l'*âne*, le *mulet*, le *chien*, le *bœuf.*

4. Vêtements. — Pour nos vêtements, le *mouton* nous donne sa *laine;* le *bœuf*, sa peau dont on fait le *cuir;* le *ver à soie*, la soie de son cocon ; le *castor* et la *loutre*, leurs fourrures.

5. Parures. — Pour nous parer, les oiseaux nous fournissent leurs plumes, certaines *huîtres* leurs *perles.* Les *os*, l'*ivoire*, l'*écaille*, la *nacre*, les *baleines* proviennent encore des animaux.

6. Les animaux *destructeurs des animaux nuisibles* sont : le *chat*, le *hérisson*, la *taupe*, la *chauve-souris*, la *couleuvre*, le *crapaud*, le *pic* et les *oiseaux insectivores;* la *chouette* et le *hibou.*

Questionnaire.

1. Quels genres de services nous rendent les animaux? — **2-1** Nommez les animaux servant à notre alimentation. — 2. Dites ce que vous savez du bœuf, des vaches et des veaux. — 3. Du mouton. — 4. Du porc. — 5. Citez d'autres mammifères que nous mangeons. — 6. Nommez des oiseaux utilisés pour notre nourriture. — 7. Indiquez des poissons comestibles. — 8. Comment repeuple-t-on les rivières? — 9. Que savez-vous des abeilles? — **3-1.** Parlez du cheval et des races chevalines. — 2. De l'âne. — 3. Du mulet. — 4. Du chien. — 5. Du bœuf comme travailleur.

4-1. D'où vient la laine? — 2. Comment le bœuf et la chèvre servent-ils à notre habillement? — 3. Dites ce que vous savez du ver à soie. — 4. Quels animaux nous donnent des fourrures? — **5-1.** Que fournissent les oiseaux? — 2. Les huîtres et les tortues? — 3. Les éléphants? — 4. Le chevrotin? — 5. Quels produits retire-t-on de la baleine? — **6.** Citez des animaux qui détruisent des animaux nuisibles.

Rédaction. — Le chien; espèces les plus connues; caractères et instincts propres à chacune d'elles.

CHAPITRE XXI

ANIMAUX NUISIBLES

1. Animaux directement nuisibles. — Si tous les êtres de la nature semblent avoir leur raison d'être, il ne s'ensuit pas que tous nous soient utiles. Certains nous sont *directement nuisibles*, soit parce qu'ils *nous mangent ;* soit parce qu'ils vivent à nos dépens *sur nous* ou en *nous-mêmes ;* soit parce que leurs *piqûres* ou leurs *morsures* nous causent des maladies ou même la mort.

D'autres nous sont *indirectement nuisibles*, en attaquant les animaux qui nous rendent des services, ou en détruisant les végétaux qui servent à notre alimentation ou à l'industrie.

2. ***Animaux qui nous mangent.*** — 1. Chez les **Mammifères** de nos climats tempérés, nous n'avons pas d'ennemis bien terribles ; mais, dans les Indes, le *Tigre royal* dévore son millier d'hommes par an ; aussi le tueur de tigres est-il adoré des Indiens.

Le *Lion*, le *Jaguar*, le *Léopard*, les *Panthères* préfèrent la gazelle à l'homme et ne se jettent guère sur lui que quand ils sont traqués et blessés.

Mais l'*Ours blanc* des régions polaires et l'*Ours gris* de l'Amérique du Nord, ayant peu de gibier à choisir, s'attaquent fort bien aux marins et aux trappeurs qui s'aventurent dans ces régions désolées.

Les *Loups*, lorsqu'ils sont en bandes, en Russie, attaquent les traîneaux et dévorent bêtes et gens.

2. L'homme, personnellement, n'a rien à redouter des oiseaux, même des plus forts, si ce n'est de l'*Aigle*, qu'on accuse d'être capable de s'attaquer aux enfants.

3 Chez les **Reptiles**, nous rencontrons les *Crocodiles* d'Asie et d'Afrique et les *Caïmans* d'Amérique, qui saisissent dans leurs puissantes mâchoires les imprudents baigneurs. Les *Boas* de l'Amérique du Sud sont assez forts pour retenir et étouffer un homme dans leurs énormes anneaux.

4. Enfin, une espèce de **Poissons**, le *Requin*, a une mâchoire assez puissante pour couper un homme en deux. Il prélève un large butin sur les pêcheurs de perles, de corail et d'éponges, qui sont obligés de plonger au fond de l'eau pour en extraire ces richesses.

3. *Parasites.* — 1. Parmi les animaux qui vivent à nos dépens, nos Parasites, il faut citer le *Pou*, qu'on rencontre sur la tête et même sur le corps des hommes malpropres ; les *Puces*, plus incommodes que dangereuses, qui vivent également de notre sang et nous gênent par leurs cuisantes morsures ; les *Punaises ;* le *Sarcopte de la gale*, déjà plus redoutable parce qu'il occasionne des maladies de peau, qui sont cependant assez faciles à guérir.

2. En nous-mêmes, et surtout dans notre estomac, se rencontrent : l'*Ascaride lombric*, semblable au ver de terre, mais blanc ; le *Ténia* ou *Ver solitaire*, ressemblant à un ruban formé d'anneaux plats et muni d'une tête garnie de crochets et de ventouses ; la *Trichine*, qui nous vient de la viande de porc trichinée et mangée quand elle n'est pas suffisamment cuite. La trichine provoque des douleurs intolérables qui finissent presque toujours par la mort. On l'a souvent signalée dans les jambons fumés nous arrivant d'Amérique et surtout d'Allemagne.

4. *Animaux venimeux.* — 1. Le Chien, le Chat et même le rat, *atteints de la rage*, inoculent par leur morsure un poison autrefois toujours mortel. Aujourd'hui on guérit de la rage, grâce aux découvertes de Pasteur. L'homme est redevable de la peste à la puce qui emprunte le virus au pelage des rats morts ; de la fièvre palustre à l'*anopheles*, une mouche qui prend le para-

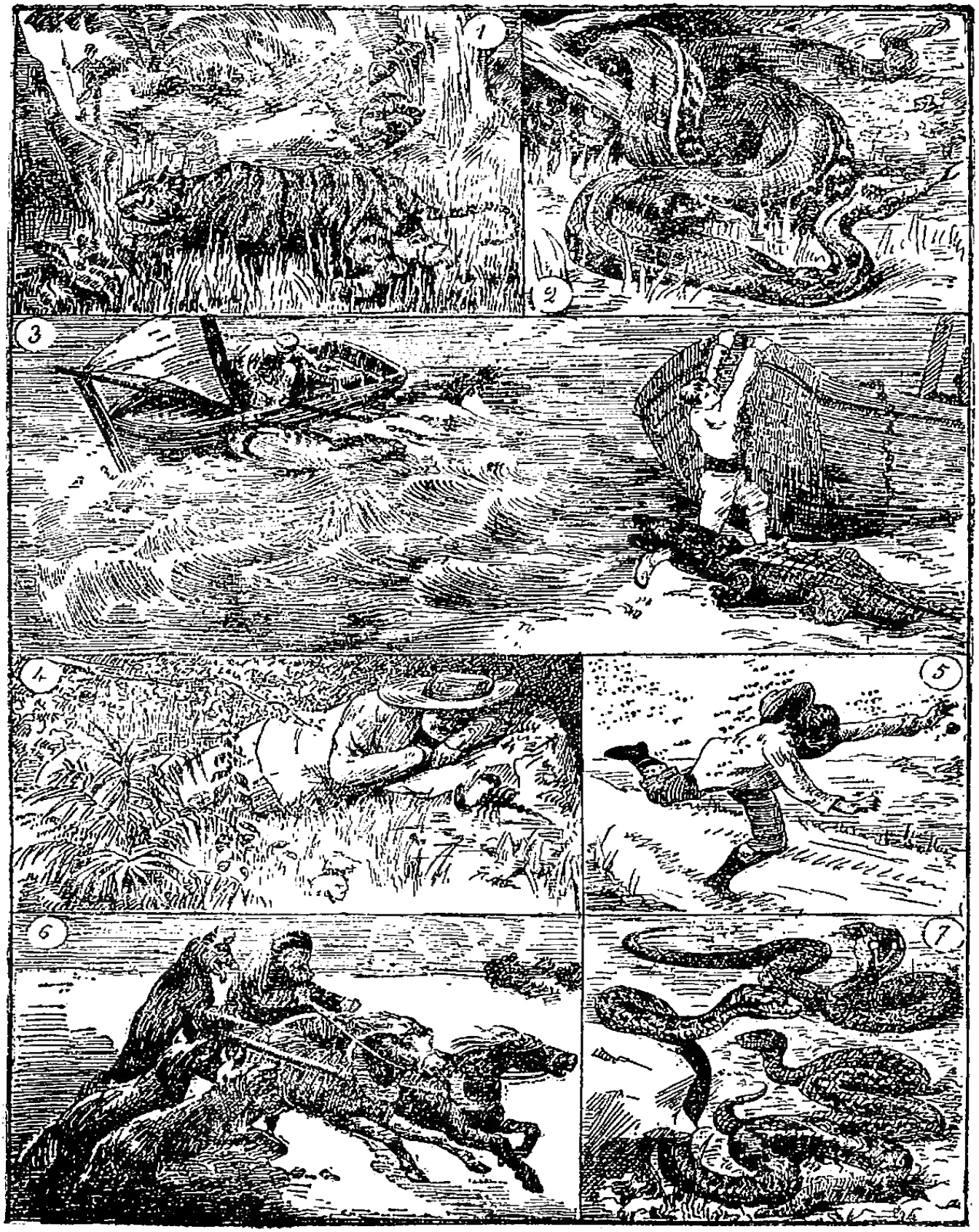


Fig. 159. — Animaux nuisibles.

1. Tigre guettant un sauvage et prêt à s'élancer sur lui. — 2. Serpent boa. — 3. Pêche au requin ; crocodile saisissant la jambe d'un pêcheur. — 4. Scorpion des pays chauds se dirigeant vers un homme endormi pour le piquer. — 5. Guêpes poursuivant un enfant. — 6. Loups attaquant un traîneau dans les plaines de Russie ou de Sibérie. — 7. Serpents venimeux.

site au sang des malades et l'apporte aux sujets sains; — de la maladie du sommeil à une autre insecte, la mouche tsé-tsé (*glossina palpalis*, du genre diptère) qu'on ne rencontre que dans l'Ouganda (Afrique) et qui agit comme une sorte de seringue vivante en puisant le microbe mortel sur les nègres pour le communiquer à d'autres hommes blancs ou noirs.

2. Les *Serpents* dits *venimeux* présentent en arrière des yeux deux petites glandes sécrétant un venin qui s'écoule par deux dents en crochet et percées d'un canal. Lorsque le Serpent mord, le poison pénètre dans le sang, le corrompt rapidement et détermine la mort. En France, notre Vipère fait chaque année quelques victimes ; sa morsure, toutefois, est rarement mortelle pour un homme robuste. Mais le *Naja* d'Afrique, le *Serpent à sonnettes* d'Amérique, le *Serpent à lunettes* d'Asie, le *Trigonocéphale* des Antilles font, dans ces pays, de bien nombreuses victimes.

3. Puisque nous parlons des animaux venimeux, nous devons citer le Batracien *Crapaud*. C'est qu'en effet les pustules de sa peau sécrètent un liquide blanc laiteux qui est un poison, mais qui n'agit comme tel qu'à la condition qu'il soit inoculé dans le sang ; or, comme le Crapaud n'a pas de dents ni aucun appareil capable de piquer, son venin se trouve inoffensif. Il faut cependant éviter de prendre un Crapaud dans la main si elle présente une écorchure ; et d'ailleurs il en est de même de la Grenouille et des Salamandres.

4. Tous les *Arachnides* sont venimeux, les uns, comme les Araignées, à cause des crochets qu'ils portent près de la bouche (c'est avec leur venin que les Araignées engourdissent les Mouches qui se sont laissé prendre dans leurs toiles); les autres, les *Scorpions*, à cause de leur appareil venimeux situé au bout de la queue : dans les pays chauds, leur piqûre peut être mortelle.

5. Quant aux *Abeilles*, aux *Guêpes*, aux *Frelons*, si leurs piqûres sont très douloureuses, elles ne peuvent devenir dangereuses que par leur grand nombre.

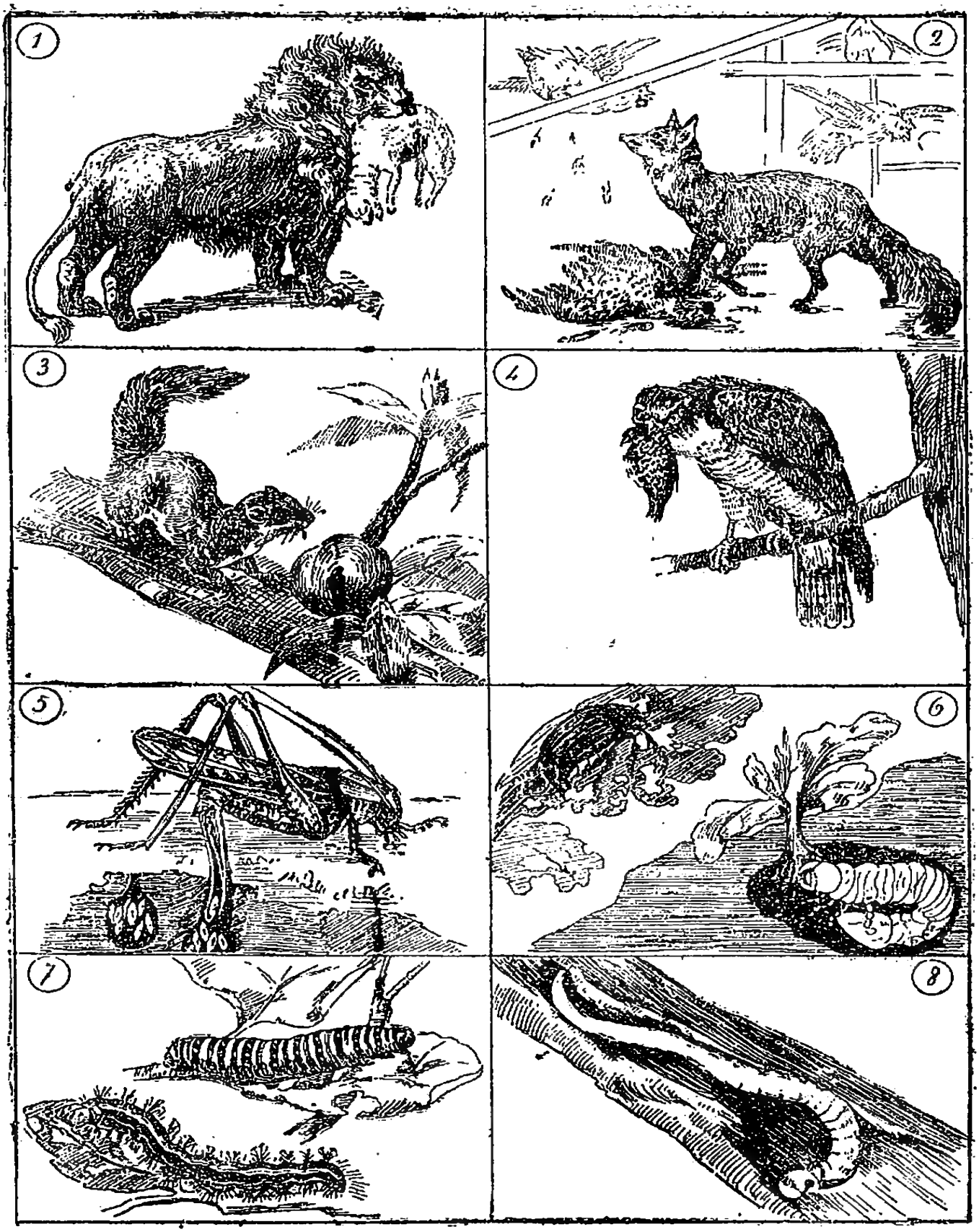


Fig 160. — **Animaux nuisibles.**

1. Lion tenant dans sa gueule un mouton. — 2. Renard venant d'égorger une poule. — 3. Ecureuil. — 4. Oiseau de proie dévorant un passereau. — 5. Sauterelle. — 6. Hanneton rongeant une feuille ; ver blanc rongeant les racines d'une plante. — 7. Chenille à l'état adulte ; chrysalide. — 8. Taret creusant une galerie dans un morceau de bois.

6. Le caractère commun de tous ces venins, de la rage à la piqûre d'abeilles, est de n'être des poisons que pour l'appareil circulatoire ; ils sont dangereux lorsqu'ils passent dans le sang, mais inoffensifs s'ils sont avalés. Aussi peut-on sans crainte sucer immédiatement une piqûre ou une morsure suspectes, lorsqu'on n'a pas d'écorchure à la bouche; après quoi on serre fortement avec une ficelle le membre mordu ou piqué, au-dessus de la plaie; on cautérise celle-ci avec une aiguille à tricoter, ou un petit crochet de foyer, tous deux rougis à blanc, s'il s'agit de la morsure d'un chien ou d'une vipère.

5. **Animaux indirectement nuisibles.** — 1. D'abord, ceux qui nous mangent, mangent aussi nos animaux domestiques ; ils nous sont donc deux fois nuisibles. Ainsi un *Tigre* détruit des troupeaux entiers ; les *Lions* et les autres grands carnassiers s'attaquent aux Bœufs et aux Moutons.

2. Dans nos pays, il nous faut signaler les petits carnassiers, qui causent de grands ravages dans nos basses-cours ; tels le *Renard*, la *Belette*, le *Putois*, la *Fouine ;* puis des Oiseaux de proie : l'*Aigle*, les *Faucons*, les *Milans*, les *Éperviers* qui mangent Canards, Poulets et Pigeons, Lièvres, Perdrix et Cailles ; les *Loirs* qui mangent nos fruits.

3. Puis vient toute l'armée des petits animaux, d'autant plus redoutables qu'ils sont plus petits et s'attaquent soit à nos animaux domestiques, soit à nos végétaux. Ce sont surtout les *Insectes* les auteurs de ces méfaits. D'abord, le plus redoutable de tous, le *Phylloxera*, qui nous vint d'Amérique, il y a environ vingt-cinq ans, et qui a détruit en France des milliers d'hectares de vignes, en causant des ruines incalculables ; le *Hanneton* et sa larve le *Ver blanc ;* la *Courtilière* de nos jardins ; le *Puceron lanigère* du pommier et le parasite spécial à chaque espèce d'arbre ou de légume ; les *Sauterelles* d'Afrique ou *Criquets*, la plaie de nos possessions algériennes, qui voyagent en ban-

des assez compactes pour obscurcir les rayons du soleil, et qui laissent la terre nue quand ils se sont abattus sur une région fertile.

4. D'autres genres d'ennemis s'attaquent à nos édifices mêmes : les *Termites* ou *Fourmis blanches*, vivant en colonies très nombreuses, se creusent des habitations dans le bois même de nos constructions et peuvent en compromettre la solidité ; à Rochefort, ils ont détruit des maisons. Enfin, le *Taret*, petit mollusque marin, porte à l'extrémité de son corps en forme de ver une petite coquille, avec laquelle il creuse des galeries dans les bois des digues et même dans les constructions marines en pierre, au point de les endommager sérieusement.

RÉSUMÉ

1-2. Animaux nuisibles. — Certains animaux nuisibles nous dévorent : le *lion*, le *tigre*, l'*ours blanc*, les *loups*, les *crocodiles*, le *requin*.

3. Parasites. — D'autres vivent à nos dépens : les *poux*, les *puces*, le *sarcopte de la gale*, le *ver solitaire*.

4. Animaux venimeux. — D'autres nous inoculent un venin mortel : les *serpents venimeux*, le *scorpion*.

5. Animaux indirectement nuisibles. — D'autres détruisent nos animaux utiles : le *tigre*, le *renard*, la *fouine*; les oiseaux de proie, l'*aigle*, l'*épervier*, et même les *pies* ; en outre, presque tous les *insectes* qui s'attaquent aux végétaux utiles.

Questionnaire.

1. Comment les animaux peuvent-ils nous nuire? — **2-1.** Citez des mammifères qui mangent les hommes. — 2. Des oiseaux nuisibles. — 3. Des reptiles dangereux. — 4. Des poissons nuisibles. — **3-1.** Nommez des parasites qui vivent sur nous.— 2. En nous. — **4-1.** Dans quel cas le chien et le chat peuvent-ils devenir dangereux? — 2. Dites ce que vous savez des serpents venimeux et nommez-en. — 3. Que savez-vous du crapaud? — 4. Des arachnides ? — 5. De la piqûre des abeilles? — 6. Que faut-il faire quand on est mordu ou piqué par une bête venimeuse ? — **5-1.** Citez des animaux détruisant des troupeaux. — 2. Des animaux ravageant les basses-cours. — 3. Citez des insectes ennemis des plantes et des jardins. — 4. Des animaux ruinant nos constructions.

RÉDACTION.— Animaux nuisibles à la ferme. Moyen de les éviter.

RÈGNE ANIMAL

TABLEAU RÉCAPITULATIF ET SYNOPTIQUE

VERTÉBRÉS	MAMMIFÈRES	Onguiculés	*Bimanes.*	Homme.
			Quadrumanes.	Singe.
			Carnassiers.	Tigre.
			Insectivores.	Hérisson.
			Chéiroptères.	Chauve-souris.
			Rongeurs.	Souris.
			Édentés.	Fourmilier.
			Amphibies.	Phoque.
		Ongulés.	*Pachydermes.*	Éléphant.
			Ruminants.	Bœuf.
		Pisciformes	*Cétacés.*	Baleine.
			Marsupiaux.	Sarigue.
	OISEAUX		*Rapaces.*	Aigle.
			Passereaux.	Hirondelle.
			Grimpeurs.	Pivert.
			Gallinacés.	Poule.
			Echassiers.	Héron.
			Coureurs.	Autruche.
			Palmipèdes.	Canard.
	REPTILES		*Chéloniens.*	Tortue.
			Sauriens.	Lézard.
			Ophidiens.	Vipère.
	BATRACIENS			Grenouille.
	POISSONS			Brochet.
INVERTÉBRÉS	ANNELÉS OU ARTICULÉS		*Insectes.*	Mouche.
			Arachnides.	Araignée.
			Crustacés.	Écrevisse.
			Vers.	Lombric.
	MOLLUSQUES			Huître.
	RAYONNÉS			Etoile de mer.
	PROTOZOAIRES			Infusoires.

BOTANIQUE

CHAPITRE XXII

LA CELLULE VÉGÉTALE
GRAINE. — RACINE

1.-1. La *Botanique* est la science qui étudie les *Végétaux*.

Les végétaux se distinguent des animaux en ce qu'ils paraissent insensibles et qu'ils ne peuvent se mouvoir.

Examinés au microscope, les tissus animaux et végétaux apparaissent l'un et l'autre composés d'éléments de formes diverses, pressés les uns contre les autres; ce sont les *cellules* (fig. 161).

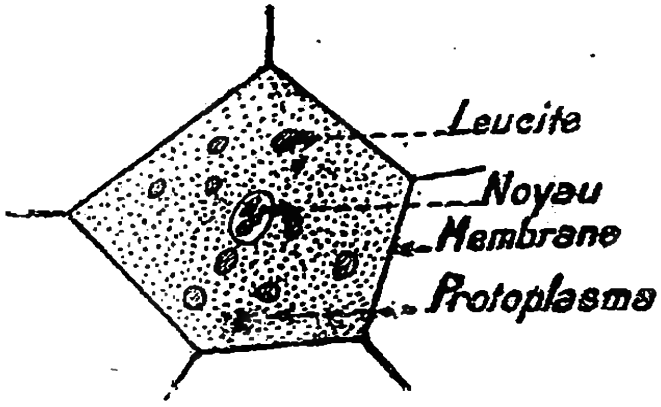


Fig. 161. — Figure théorique représentant une cellule végétale.

Tout être vivant provient d'une cellule qui *croît*, se *multiplie* et constitue un *sujet*.

La cellule comprend trois parties :

1° Une *membrane* enveloppante faite de *cellulose* : certaines cellules animales n'ont pas d'enveloppe ;

2° Le *protoplasma* qui est l'élément vivant de la cellule ;

3° Le *noyau* plongé dans le protoplasma.

Le protoplasma s'assimile la nourriture qui lui vient du système nutritif de l'individu; il grandit et meurt. Le protoplasma mort, la cellule est morte également.

Les cellules se modifient, changent de formes; elles sont striées, ponctuées, allongées.

Les cellules allongées produisent la *fibre* des végé-

taux; elles constituent d'autre part l'ensemble des vaisseaux servant au transport de la *sève*.

2. Tout végétal naît d'un petit corps (à forme très variable suivant les espèces) nommé *graine*, qui provient d'une plante semblable à celle qu'il va reproduire.

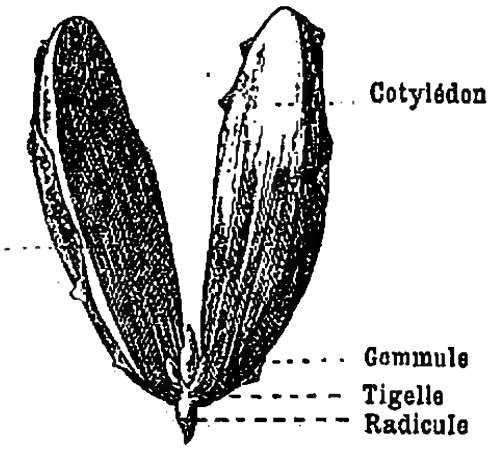


FIG. 162. — Les cotylédons du haricot.

3. Si l'on dépose dans la terre humide un *haricot* et un *grain de blé*, on voit, au bout d'un certain temps, les deux graines se gonfler et laisser échapper chacune deux petits appendices : l'un se dirigeant pour sortir de terre, l'autre tendant à plonger dans le sol ; puis on voit bientôt la graine du haricot se partager en *deux* masses charnues, appelées *cotylédons*, tandis que le grain de blé ne cesse pas de rester à l'état de masse *unique*.

4. Cette particularité de la graine, de se séparer en deux cotylédons dans la germination, pour le haricot, et de ne présenter qu'un seul cotylédon pour le blé, a servi de caractère distinctif pour la classification des végétaux en embranchements.

2. Divisions du règne végétal. — Le règne végétal a été divisé en trois *embranchements :*

1° Les *Dicotylédones*, qui comprennent les plantes dont la graine a deux cotylédons : *chêne, haricot;*

2° Les *Monocotylédones*, plantes dont la graine n'est formée que d'un seul cotylédon : *palmier, blé ;*

3° Les *Acotylédones*, qui renferment les plantes qui, n'ayant pas de fleurs, et par conséquent de graines proprement dites, ne peuvent pas avoir de cotylédons: *champignons, lichen.*

3. Organes de la plante — 1. La plante, être vivant, a ses *organes de nutrition* et ses *organes de reproduction.*

2. Les organes de nutrition sont : les *racines*, les *tiges* et les *feuilles ;*

3. Les organes de reproduction sont : les *fleurs* et les *fruits*.

GRAINE

4. La Graine. — 1. La graine est en quelque sorte l'œuf du végétal ; elle se trouve généralement enfermée au milieu du fruit.

2. Si l'on ouvre une graine de dicotylédone (fig. 162) ou si l'on fend, dans le sens de sa longueur, une graine de monocotylédone (fig. 163), on remarque au sein de cette graine un petit germe, l'*embryon*. L'embryon est déjà composé d'une petite tige qu'on nomme *tigelle*, surmontée d'un petit bourgeon, ou *gemmule*, et d'un rudiment de racine qui prend le nom de *radicule ;* le tout enveloppé d'une masse de tissu cellulaire, ou *albumen*.

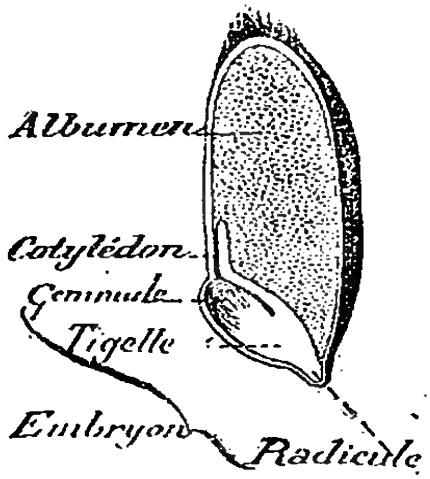


Fig. 163. — Coupe d'un grain de blé. (Monocotylédone).

3. Lorsque la graine se trouve placée dans les conditions propices à sa *germination*, elle se gonfle : la tigelle se dirige vers la lumière ; la radicule s'enfonce dans la terre ; la gemmule, à sa sortie de terre, s'épanouit pour former de petites feuilles. Le jeune végétal commence sa vie aérienne, en tirant ses premiers aliments de l'albumen. Lorsque celui-ci est épuisé, la plante continue à vivre, en cherchant en dehors d'elle-même les principes utiles à sa nutrition.

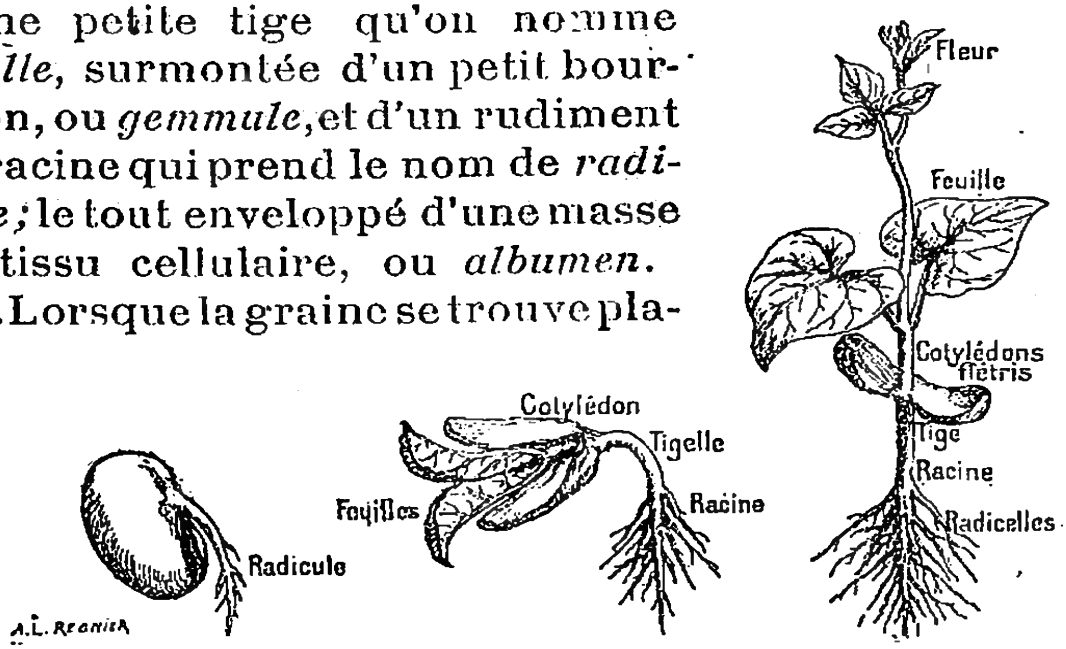


Fig. 164. — Les trois états successifs de la germination du haricot.

4. Les conditions nécessaires à la germination sont : l'*air*, l'*eau* et la *chaleur*.

5. Parti qu'on tire des graines. — Certaines graines, fraîches ou sèches, sont directement utilisées, après cuisson, pour notre *alimentation :* pois, haricots, lentilles, riz, etc. ; d'autres fournissent, après mouture, des *farines alimentaires :* le blé, le seigle, etc. ; la compression de certaines autres produit des *huiles :* l'œillette, le colza, la navette, le ricin ; la graine du cacaoyer est employée à la fabrication du *chocolat ;* celle du caféier, grillée, fournit, par infusion, une boisson tonique, le *café*, etc.

Semis. — Le semis est le mode le plus généralement employé pour la reproduction des végétaux. On sème les graines des légumes, des céréales, des plantes fourragères, etc.

Pour qu'une graine, en bon état, puisse germer, il est indispensable qu'elle soit placée dans un sol *meuble*, c'est-à-dire capable de se laisser pénétrer par l'*air*, la *chaleur* et l'*humidité*. L'*air* fournit à la plante l'oxygène nécessaire à la respiration ; l'*humidité* amollit l'enveloppe de la graine afin que la radicule et la tigelle puissent en sortir, et dissout les sucs utiles à la nutrition de la plante. La chaleur favorise la respiration et la nutrition.

Il convient de choisir les graines provenant de sujets vigoureux, et de les employer alors qu'elles sont jeunes et saines.

ORGANES DE NUTRITION

I. — RACINE

6. Constitution de la racine. — 1. La racine est la partie du végétal qui plonge dans le sol : c'est le développement de la radicule de l'embryon.

2. La racine comprend ordinairement trois parties

distinctives : le *collet*, ou *nœud vital*, point de rattache de la racine à la tige ; le *corps*, partie la plus volumineuse de la racine, celle que prolonge la tige ; les *radicelles* ou *chevelu*, qui sont des filaments dont l'ensemble rappelle une chevelure en désordre.

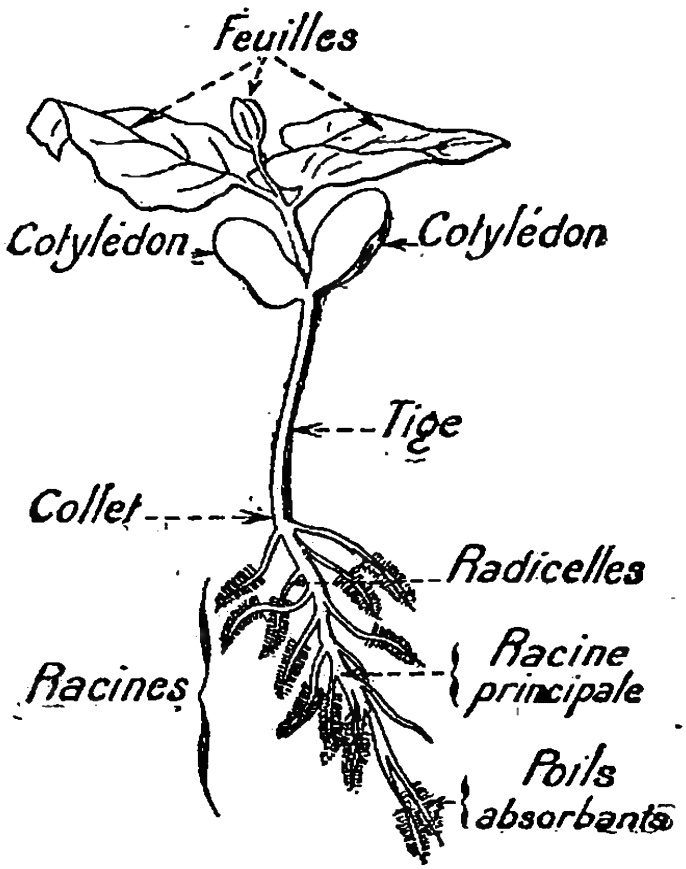


FIG. 165. — Figure montrant la disposition générale d'une jeune plante.

3. Lorsqu'on examine attentivement les radicelles de la racine, on voit près de leur

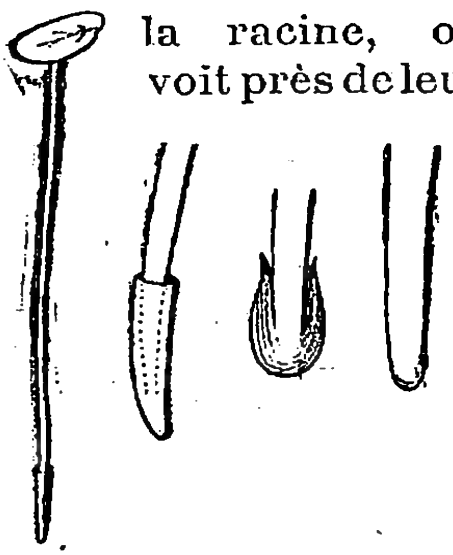


FIG. 166. — Disposition de la coiffe de différentes plantes. A gauche, la lentille d'eau, sur la racine de laquelle la coiffe est très visible.

extrémité, et sur une longueur de 2 à 3 centimètres, une espèce de duvet formé par une grande quantité de poils qu'on a nommés *poils absorbants* (fig. 165), à cause de leurs fonctions.

Les extrémités des radicelles sont recouvertes par une *coiffe*, qui les protège contre les frottements à mesure qu'elles s'enfoncent dans la terre (fig. 166).

7. Fonction des racines. — 1. La racine a pour fonction, non seulement de *fixer* la plante au sol, mais d'*absorber* les gaz et les liquides contenus dans la terre et nécessaires à la nutrition du végétal.

2. Les substances en dissolution dans l'eau et qui servent d'aliments au végétal sont les azotes et phospha-

tes de chaux, les carbonates de chaux et de potasse, etc. De là l'utilité de rendre aux terrains épuisés par la culture les éléments nutritifs qui leur ont été enlevés, par conséquent de les *fumer ;* de là aussi la nécessité d'arroser le sol, pour permettre aux aliments solides de se dissoudre et d'être facilement absorbés.

C'est surtout par les poils absorbants que se fait cette absorption ; et c'est sous le nom de *sève* que va

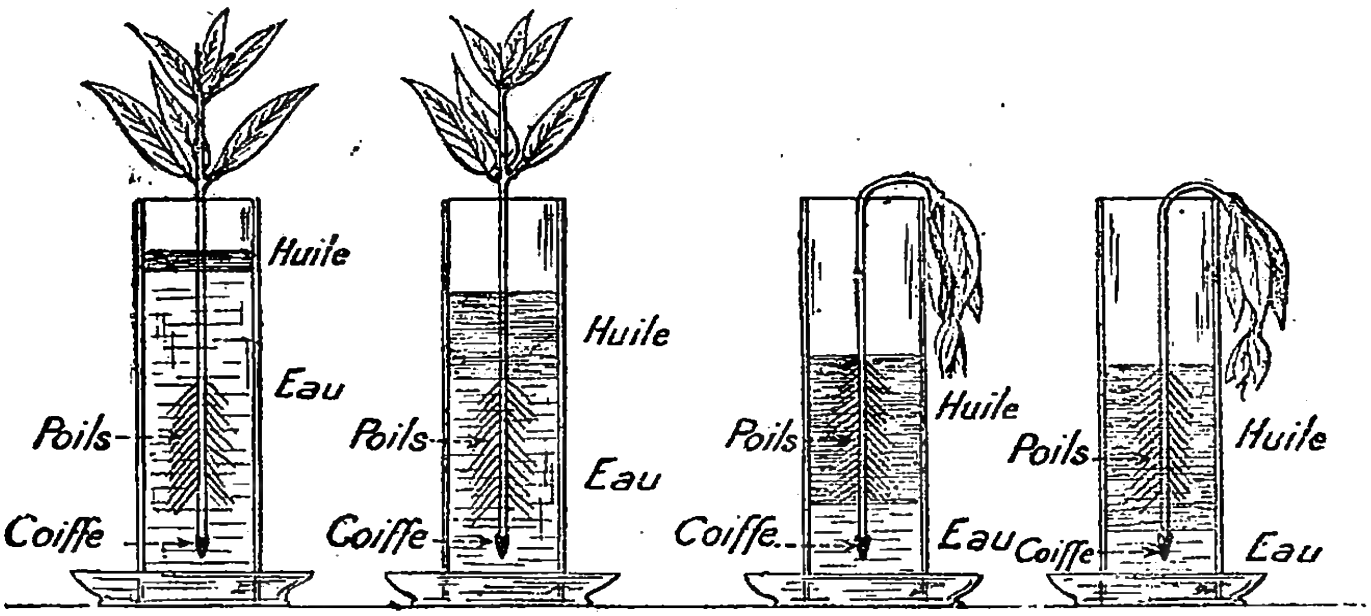


Fig. 167. — Démonstration expérimentale du rôle des poils absorbants.

maintenant circuler dans le végétal le liquide absorbé.

Démonstration expérimentale. — Ce rôle des poils absorbants est très facile à démontrer par une expérience (fig. 167).

On place dans quatre éprouvettes respectivement quatre petites plantes également développées, de telle façon que la première, A, plonge sa racine entière dans l'eau. La seconde, B, sera immergée jusqu'au-dessus des poils absorbants. Pour la troisième, C, l'eau s'arrêtera à la naissance des poils absorbants. Enfin pour la quatrième D, on ne plongera dans l'eau que la coiffe.

Dans chacune des éprouvettes on versera au-dessus de l'eau une couche d'huile afin que pour toutes les plantes la racine soit complètement isolée de l'air ambiant.

On constatera que seules les plantes A et B continueront à

vivre. Ce sont celles dont les poils absorbants sont plongés dans l'eau. Les deux autres mourront.

8. Formes des racines. — 1. Les racines, quant à leurs formes, peuvent être ramenées à trois types principaux. Elles sont :

a) *Pivotantes* (fig. 168), lorsque le corps s'enfonce verticalement dans le sol, sans ramification : le navet, la betterave ; ou bien encore lorsque du pivot central

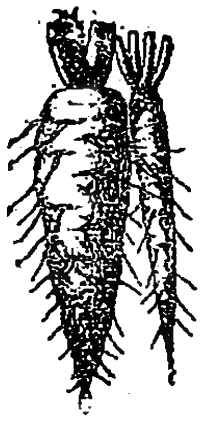


Fig. 168. — Racine pivotante simple.

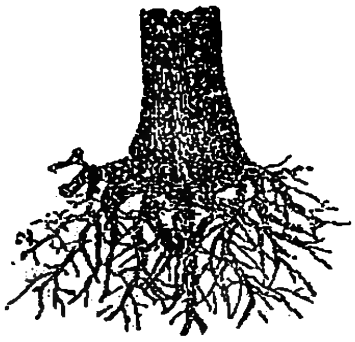


Fig. 169. — Racine pivotante rameuse.

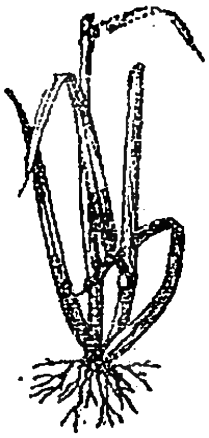


Fig. 170. — Racine fasciculée.

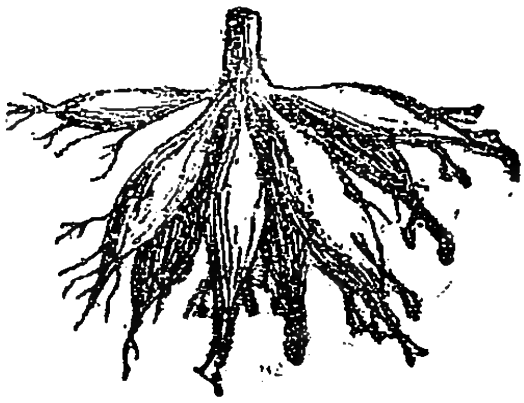


Fig. 171. — Racine tubériforme.

se détachent des rameaux : le chêne, le poirier ; sous cette dernière forme, les racines prennent encore le nom de racines *pivotantes rameuses* (fig. 169) ;

b) *Fasciculées* (fig. 170), lorsque du collet ne part qu'une grosse masse chevelue formée de fibres : le blé, le palmier, et généralement les plantes monocotylédones ;

c) *Tubériformes* (fig. 171), lorsqu'elles sont formées de renflements plus ou moins volumineux et nombreux qui se détachent du collet : dahlia, pivoine.

2. On ne devra pas confondre ces racines tubériformes avec les *tubercules*, qui ne sont autre chose que des renflements de rameaux souterrains échappés de la tige, comme dans la pomme de terre.

Les tubercules d'ailleurs ont des bourgeons ; les racines n'ont jamais de bourgeons.

9. Racines adventives. — 1. On désigne sous le nom de *racines adventives* des racines qui naissent de la

tige ; dans nos climats, nous les remarquons sur les plantes dites grimpantes ; elles servent alors à fixer la tige à son support, comme pour le lierre ; mais sur certains gros végétaux exotiques, le manglier par exemple, ces racines retombent au sol, dans lequel elles s'enfoncent pour servir de véritables racines supplémentaires.

2. Les jardiniers tirent un grand parti de cette propriété qu'ont les tiges et les branches d'émettre des racines adventives, lorsqu'elles sont placées dans certaines conditions. Ils en profitent pour faire des *boutures* et des *marcottes*, procédés de reproduction des plantes.

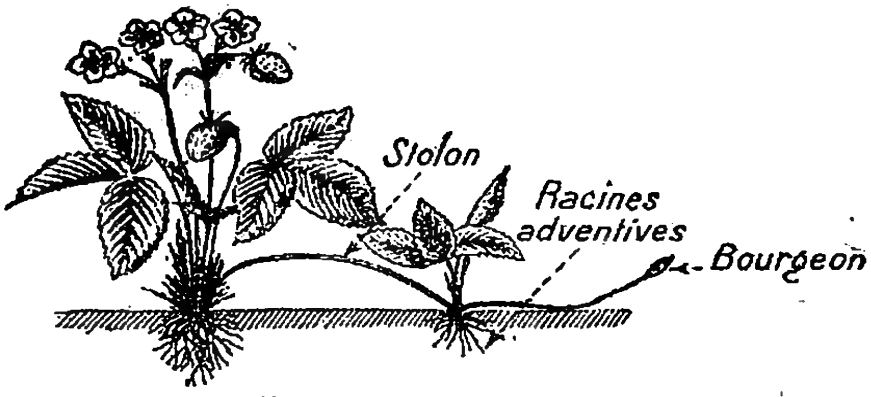


Fig. 172. — Racines adventives du fraisier.

10. Parti qu'on tire des racines. — Certaines racines, à cause des sucs qu'elles renferment, sont utilisées par l'homme pour son *alimentation ;* telles sont les *Carottes*, les *Navets*, les *Salsifis*, les *Radis*, la *Betterave*, dont on tire le sucre ; d'autres, desséchées ou fraîches, sont utilisées par la médecine : le *Chiendent*, la *Rhubarbe*, l'*Ipécacuanha*, etc. ; d'autres enfin fournissent des principes colorants employés dans la teinture : la *Garance*, de coloration rouge ; le *Curcuma*, de couleur jaune.

RÉSUMÉ

GRAINE — RACINE

1. Botanique. — La botanique est la science qui étudie les végétaux.

Les tissus animaux ou végétaux sont formés de cellules.

La cellule comprend une *membrane* enveloppante faite de *cellulose*, le *protoplasma* et le *noyau*.

Le protoplasma, substance vivante, croît et meurt.

Les cellules sont striées, ponctuées ou allongées.

Les cellules allongées constituent la fibre des végétaux; elles forment aussi les vaisseaux servant au transport de la sève.

2. Division du règne végétal. — Tout végétal naît d'une *graine*. La graine renferme deux *cotylédons* ou un seul. Quelques plantes, n'ayant pas de graines proprement dites, ne peuvent avoir de *cotylédons*.

Les végétaux sont, par suite, divisés en *Dicotylédones*, *Monocotylédones* et *Acotylédones*.

3. Organes de la plante. — Les organes de la plante se divisent en organes de *nutrition* et en organes de *reproduction*.

La graine est pour ainsi dire un œuf végétal, destiné à reproduire une plante semblable à celle qui l'a produit lui-même.

4. Graine. — Dans une graine en *germination*, on peut voir un *radicule*, une *tigelle* terminée par une *gemmule*.

5. Parti qu'on tire des graines. — On *mange certaines graines*; d'autres fournissent des *farines*, des *huiles*, etc.

6. Constitution de la racine. — La racine comprend le *collet*, le *corps*, les *radicelles*.

Les radicelles sont munies de *poils absorbants*.

7. Fonctions des racines. — Les racines *fixent* la plante et *puisent*, par leurs poils absorbants, dans le sol, l'eau chargée de sels qui constituera la *sève*.

8. Formes des racines. — Les racines, suivant leurs formes, sont : *pivotantes*, *pivotantes rameuses*, *fasciculées*, *tubériformes*.

9. Racines adventives. — Les racines *adventives* poussent dans l'air, sur la tige.

10. Parti qu'on tire des racines. — Certaines racines servent à l'*alimentation*, d'autres en *médecine*, d'autres pour la *teinture*.

Questionnaire.

1-1. Qu'est-ce que la botanique? — En quoi les végétaux se distinguent-ils des animaux? — Que remarque-t-on quand on examine au microscope des tissus animaux et végétaux? De quoi provient tout être vivant? Comment est composée une cellule? Que devient le

protoplasma? Comment la cellule se modifie-t-elle? Que produisent les cellules allongées? — 2. Qu'est-ce que la graine? — 3. Que se produit-il lorsque les haricots et les grains de blé germent ? — 4. Qu'appelle-t-on cotylédon? — 2-1. Justifiez les appellations de dicotylédones. — 2. De monocotylédones. — 3. D'acotylédones. — Citez des exemples. — 3-1. Comment divise-t-on les organes des plantes? — 2. Quels sont les organes de nutrition? — 3. De reproduction? — 4. Où se trouve la graine? — 4-1-2. De quoi se compose l'embryon? — 3. Que se passe-t-il dans l'embryon, lors de la germination? — 4. Quelles sont les conditions nécessaires à la germination? — 5. A quoi servent les graines? — 6-1. Qu'est-ce que la racine? — 2. Comment se divise une racine? — 3. Que savez-vous des radicelles? — 7-1. Quelles sont les fonctions de la racine ? — 2. Quelles substances absorbent-elles? — 8-1. Définissez les principaux types des racines et donnez des exemples. — 2. Quelle différence y a-t-il entre les racines tubériformes et les tubercules? — 9-1. Qu'appelle-t-on racines adventives? — 2. En quoi ces racines servent-elles aux jardiniers? — 10. Quel parti ire-t-on des racines ?

RÉDACTION. — Description d'une graine. Phénomène de la germination.

CHAPITRE XXIII

ORGANES DE NUTRITION (*Suite*)

II. — TIGE

1. Constitution de la tige. — La tige est la partie du végétal qui croît en sens inverse de la racine, elle s'élève ordinairement dans l'air ; elle se prolonge par des *branches*, des *rameaux* et des *ramuscules*. La tige porte des *bourgeons* formés d'enveloppes multiples qui se développeront et donneront naissance à des feuilles, à des fleurs ou à des rameaux. Elle est *ligneuse* lorsqu'elle est formée de bois, comme dans le chêne, le lilas; elle est *herbacée*, c'est-à-dire tendre et verte, chez toutes les plantes que nous appelons *herbes*.

2. Formes des tiges. — Les tiges portent différents noms, suivant leurs formes; elles s'appellent :

1. *Troncs*, quand elles ont la forme des tiges des

arbres de nos contrées : chêne, poirier, sapin, etc.

2. *Stipes*, lorsqu'elles sont cylindriques, c'est-à-dire aussi grosses au sommet qu'à la base ; non ramifiées et terminées par un bouquet de feuilles : le palmier et tous les monocotylédones ligneux ;

3. *Chaume*, quand la tige est cylindrique et creuse,

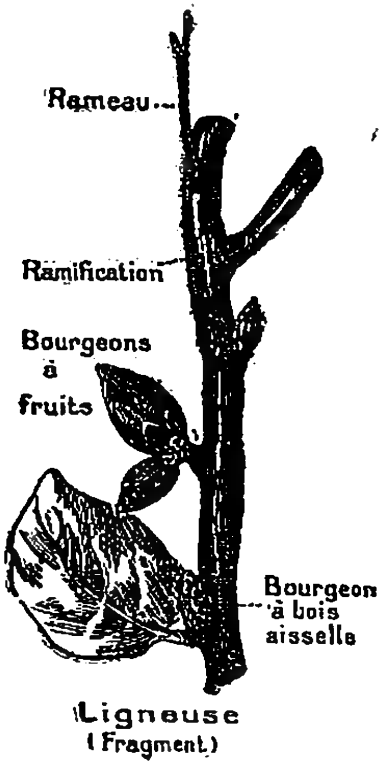
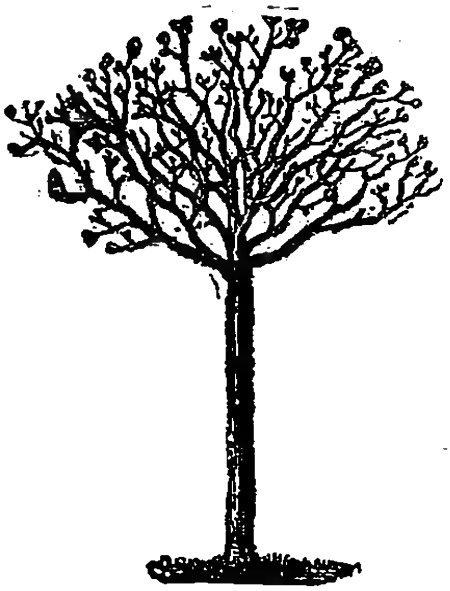


FIG. 173. — Bourgeons.
a, bourgeons à fleurs ; *b*, bourgeons à bois.



Stipe. Chaume.

FIG. 174. — Formes des tiges.

renforcée de distance en distance par des nœuds : le blé et toutes les graminées.

3. Structure d'une tige de dicotylédone. — 1. Si l'on coupe horizontalement un tronc d'arbre appartenant à l'embranchement des *Dicotylédones*, un poirier, par exemple, on trouve une surface qui n'a ni même aspect ni même consistance dans toute son étendue. Les différentes parties dont se compose cette sur-

face, en allant du centre à la circonférence, prennent le nom de : *moelle*, *cœur*, *aubier*, *écorce* (fig. 175).

2. La *moelle* est la partie centrale de la tige ; elle est aqueuse chez les jeunes arbres, mais sèche dans les vieux troncs ; elle

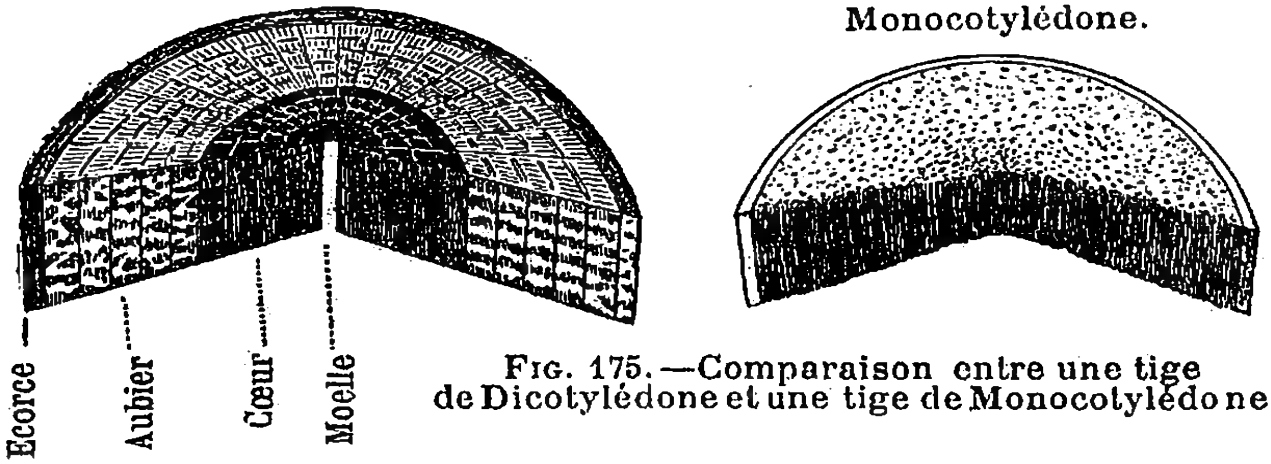


Fig. 175. — Comparaison entre une tige de Dicotylédone et une tige de Monocotylédone

n'augmente pas de volume à mesure que croît le tronc.

3. Le *cœur*, qu'on désigne encore sous le nom de bois parfait, entoure la moelle : c'est du bois très compact et chez lequel la sève a cessé de circuler.

4. L'*aubier*, ou bois imparfait, fait suite au cœur ; son tissu est d'autant plus poreux qu'il s'éloigne davantage du cœur, et sa couleur est moins foncée que celle du bois parfait.

A mesure que l'arbre vieillit, l'aubier durcit ; chaque année, une couche d'aubier devenu bois parfait augmente l'épaisseur du cœur.

5. Enfin l'*écorce* est l'enveloppe extérieure de la tige elle est tantôt lisse, tantôt rugueuse, et varie d'épaisseur suivant la nature des végétaux. L'écorce est formée de quatre enveloppes superposées : à l'intérieur, une couche mince, le *liber ;* ensuite une *enveloppe cellulaire*, à tra-

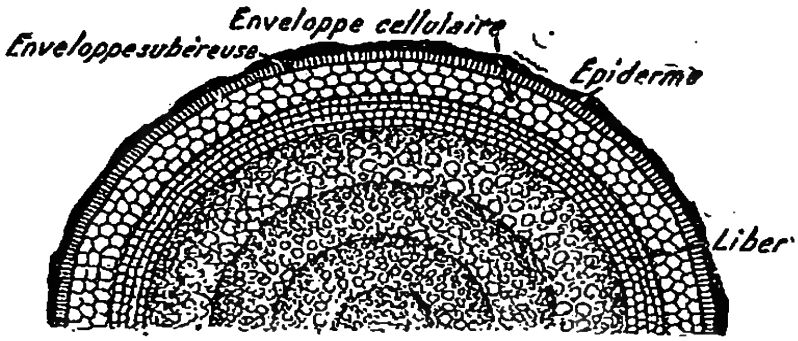


Fig. 176. — Coupe de l'écorce. (4 enveloppes superposées.)

vers laquelle circule la sève; puis une *enveloppe subéreuse*, souvent déchirée et rugueuse; et enfin l'*épiderme*, enveloppe extérieure, mince et résistante.

6. Le cœur et l'aubier sont constitués par une succession de couronnes ligneuses qui marquent chacune une année de l'arbre. En effet, les dicotylédones s'accroissent à la fois en hauteur et en largeur, et l'accroissement en largeur se manifeste chaque année par l'addition d'une couronne d'aubier. Par conséquent, pour connaître l'âge d'un tronc ou d'une branche, il suffira de compter le nombre de leurs couronnes ligneuses.

4. Structure d'une tige de monocotylédone. — 1. Si nous coupons horizontalement (fig. 177) une tige de *monocotylédone*, un palmier, par exemple, nous ne voyons plus qu'un tissu spongieux, formé de parties d'autant plus pressées les unes contre les autres que nous nous éloignons davantage du centre; on ne remarque plus ni couronnes concentriques ni moelle.

Fig. 177. Coupe verticale d'une tige monocotylédone.

2. Si maintenant nous coupons une tige de monocotylédone dans le sens vertical, nous apercevons des fibres ligneuses disséminées sans ordre, et d'autant plus compactes, sans jamais se toucher, qu'elles s'approchent davantage de l'écorce. Ce sont les extrémités coupées de ces fibres ligneuses qui ponctuent la section horizontale que nous avons faite précédemment.

3. L'écorce des monocotylédones est tantôt lisse, comme dans le bambou ; tantôt couverte de feuilles engainées les unes dans les autres, comme dans le blé; tantôt elle présente l'apparence d'une bourre épaisse, dans le palmier par exemple.

4. Les monocotylédones ne croissent que dans le sens de la hauteur, leur diamètre varie peu pendant leur accroissement; mais comme ils ne portent des

feuilles qu'à leur sommet, et que chaque année celles-ci se renouvellent, les feuilles tombées laissent autour du tronc l'empreinte de leur ancienne attache, et chaque étage de ces empreintes indique une année de l'arbre.

5. Tiges souterraines. — Il existe enfin des tiges qui ne se développent pas dans l'atmosphère, qui croissent dans le sol : ce sont des *tiges souterraines*. Elles portent des bourgeons d'où s'échappent, chaque année, des rameaux aériens. Ces tiges sont généralement désignées sous le nom de *souches* ou de *rhizomes*, comme dans l'iris (fig. 178), l'anémone des bois, le sceau de Salomon.

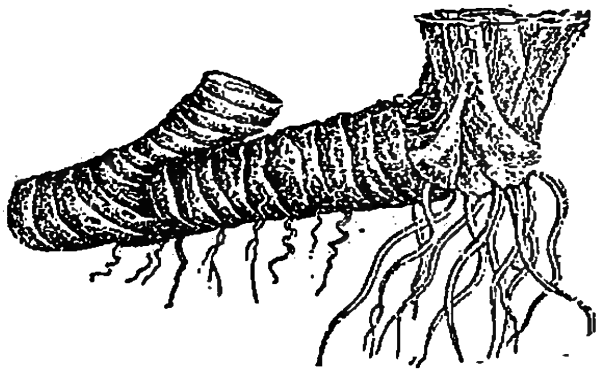


Fig. 178. — Rhizome de l'iris.

2. Les *tubercules* sont des tiges souterraines, capables

Fig. 179. — Tubercule de pomme de terre. (Tige souterraine.)

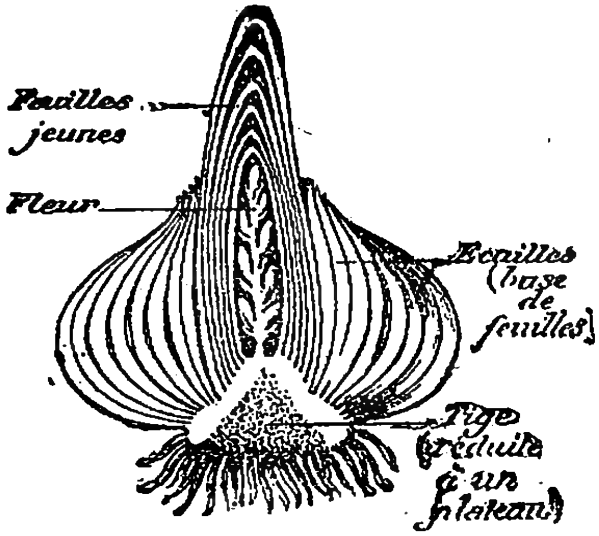


Fig. 180. — Coupe d'un bulbe d'oignon.

d'émettre des bourgeons ; tels sont : la pomme de terre (fig. 179), le topinambour, etc.

Les *bulbes* ou *oignons* sont aussi des tiges réduites à une sorte de plateau sur lequel sont insérés des rudiments de feuilles ayant la forme d'écailles : le lis, les ails, etc.

6. Fonction de la tige. — La tige relie la racine aux feuilles; la sève, puisée dans le sol par les racines, s'élève par la tige aux branches et aux feuilles, puis redescend. Ce mouvement se fait entre le cœur et l'aubier ; aussi est-ce à cet endroit que la sève, chaque année, forme une nouvelle couche de bois. La sève qui monte de la racine aux branches est dite *ascendante;* elle est dite *descendante* quand elle revient des branches aux racines.

7. Parti qu'on tire des tiges. — Les tiges fournissent à l'homme des produits appréciés ; c'est des tiges et des branches du chêne, du pin, du hêtre, etc., qu'on tire le *bois de chauffage* et de *construction ;* le noyer, l'acajou, l'ébène, le palissandre cèdent leur bois à l'ébénisterie qui en fait des *meubles ;* les tiges du lin, du chanvre, de l'ortie blanche de Chine fournissent une *matière fibreuse* qu'on peut tisser pour produire la toile ; les tiges souterraines que nous avons appelées tubercules sont généralement *comestibles :* la pomme de terre; c'est la tige d'un roseau qui, par compression, laisse échapper le liquide sucré d'où l'on tire le *sucre de canne.*

RÉSUME

1. Tige. — La tige prolonge la racine et supporte les bourgeons, les rameaux et les feuilles.

2. Forme des tiges. — La tige s'appelle *tronc*, *stipe*, *chaume* suivant sa forme.

3. Structure d'une tige de Dicotylédone. — La tige d'un dicotylédone comprend : la *moelle*, le *cœur*, l'*aubier*, l'*écorce*. Elle s'accroît à la fois en hauteur et en largeur.

L'écorce comprend le *liber*, l'*enveloppe cellulaire*, l'*enveloppe subéreuse* et l'*épiderme*.

4. Structure d'une tige de Monocotylédone. — La tige des

monocotylédones est spongieuse, parcourue de fibres ligneuses. Elle croît presque uniquement en hauteur.

5. Tiges souterraines. — Il existe des tiges souterraines : les *souches*, les *tubercules*.

6. Fonction de la tige. — La tige relie la racine aux branches et aux feuilles : elle sert au passage de la sève.

7. Parti qu'on tire des tiges. — Les tiges fournissent du *bois de construction*, des matières *fibreuses;* quelques tiges outerraines sont *comestibles*.

Questionnaire.

1. Qu'est-ce que la tige? Que porte la tige? Que donne un bourgeon développé? — Combien y a-t-il d'espèces de tiges? — **2.** Quelles sont leurs différentes formes? — 1. Qu'appelez-vous tronc? — 2. Stipe? — 3. Chaume? — Donnez des exemples. — **3**-1. De quoi se compose une tige de dicotylédone? — 2. Que savez-vous de la moelle? — 3. Du cœur? — 4. De l'aubier? — 5. De l'écorce. — 6. Comment reconnaît-on l'âge d'un dicotylédone? — **4**-1. Que voit-on en coupant une tige de monocotylédone horizontalement? — 2. Dans le sens vertical? — 3. Que savez-vous de l'écorce des monocotylédones? — 4. De leur mode de croissance? — **5**-1. Qu'appelle-t-on tiges souterraines? — 2. Tubercules? — **6**. Où la sève circule-t-elle à travers la tige? Combien y a-t-il de sortes de sève? — **7**. Quel parti peut-on tirer des tiges des végétaux?

Rédaction. — **Tige du chêne; sa composition; sa croissance; son rôle dans la vie du végétal.**

CHAPITRE XXIV

ORGANES DE NUTRITION (*Suite*)

III. — FEUILLE

1. Description de la feuille. — Les feuilles sont généralement des lames minces et membraneuses qui se trouvent fixées, soit à la tige, soit aux rameaux, par leurs *pétioles*. Leur couleur est ordinairement verte au printemps ; elles prennent à l'automne des colorations diverses où tous les tons des jaunes et des rouges sont représentés.

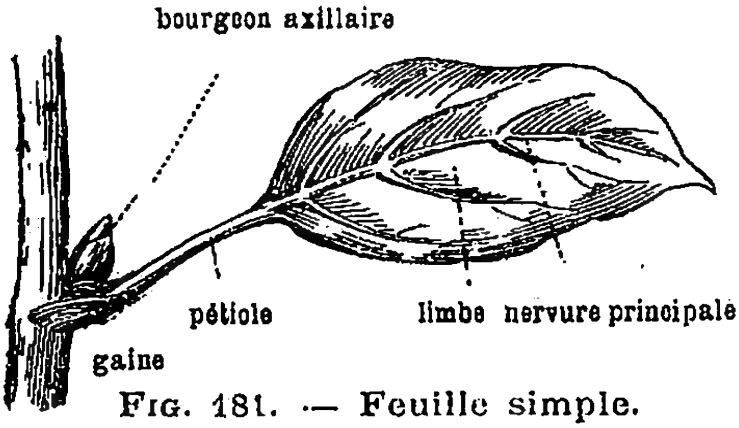
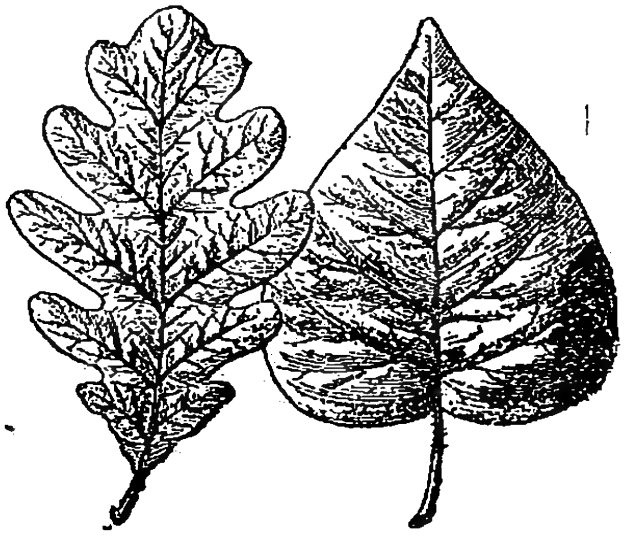


Fig. 181. — Feuille simple.

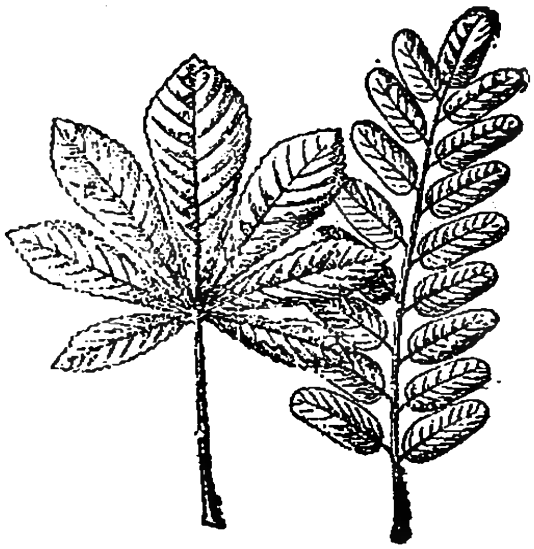
2. Formes des feuilles. — 1. Leur surface, ou *limbe*, est très variée de formes : c'est tantôt un cœur, tantôt un cercle, un ovale, un fer de lance, un triangle très allongé.

2. Tantôt le contour du limbe est uni, tantôt il est dentelé, crénelé, etc. Parfois le limbe de la feuille est d'une seule pièce, comme celui du lilas, du chêne : on l'appelle alors feuille *simple* (fig. 182). Mais souvent aussi du pétiole unique se détachent de petites feuilles ou *folioles*, dont l'ensemble ne constitue cependant qu'une feuille, dite feuille composée,


Chêne. Lilas.
Fig. 182. — Feuilles simples.

l'acacia, le marronnier d'Inde par exemple (fig. 183).

3. Mais, quelle que soit la forme de la feuille, elle est toujours formée des *nervures*, du



Marronnier. Robinier.

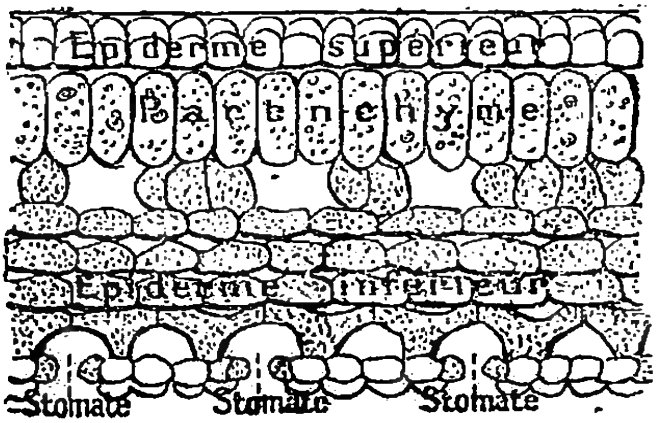
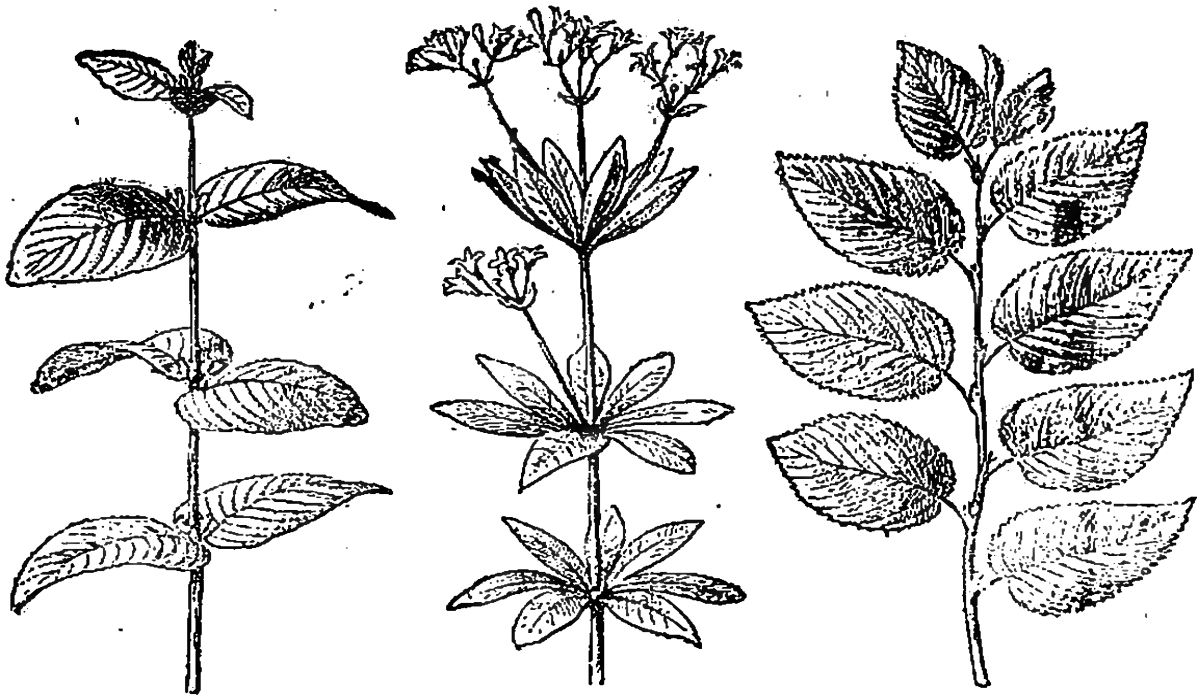


Fig. 183. — Feuilles composées. Fig. 184.— Coupe à travers une feuille.

tissu cellulaire ou *parenchyme*, et de l'*épiderme* (fig. 184).

4. L'épiderme est une pellicule transparente qui recouvre la feuille dans toute son étendue; elle est percée de petits trous appelés *stomates*, qui sont autant de bouches servant à la transpiration des plantes.

Les feuilles s'insèrent sur la tige de différentes façons;



Feuilles opposées (Belladone). Feuilles verticillées (Gaillet). Feuilles alternes (Noisetier).

Fig. 185. — Disposition des feuilles sur la tige.

elles sont : *opposées*, comme chez la menthe, la bel

ladone; *verticillées*, comme chez le gaillet, la garance, le laurier-rose; *alternes* comme chez le noisetier, le cerisier (fig. 185).

3. Fonctions des feuilles. — Les principales fonctions des feuilles sont la *transpiration*, l'*assimilation* et la *respiration*.

TRANSPIRATION. — 1. La transpiration consiste dans le rejet à l'extérieur, sous forme de vapeur d'eau, de l'excès d'eau puisé par les racines ; c'est par les stomates que s'échappe surtout cette vapeur d'eau.

2. Lorsqu'un jardinier veut transplanter un arbuste qui doit rester quelque temps hors de terre, il lui enlève presque toutes ses feuilles, afin que leur transpiration n'épuise pas la plante.

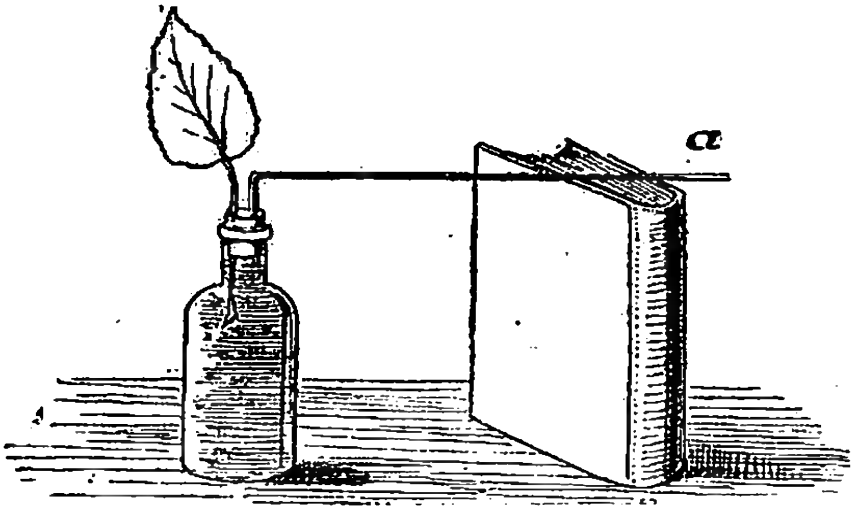


FIG. 186. — Démonstration expérimentale de la transpiration foliaire.

Démonstration expérimentale. — Pour mettre en évidence cette transpiration des feuilles, on peut (fig. 186) plonger le pétiole d'une feuille dans un flacon rempli d'eau, et cela à travers un bouchon qui porte de même un tube recourbé horizontalement, où l'eau du flacon s'engage jusqu'en A.

Les deux trous du bouchon autour du pétiole et autour du tube sont hermétiquement clos avec du mastic ou de la cire à modeler. On marque d'une étiquette ou d'un trait de vernis le point A où s'arrête l'eau au début de l'expérience. Au bout de quelque temps on constate que l'eau du flacon a baissé, ce qui ne peut provenir que de l'évaporation produite à la surface de la feuille.

ASSIMILATION. — 1. Sous l'influence des rayons solaires, la partie verte des plantes décompose l'anhydride carbonique de l'air en carbone qu'elles absorbent et en oxygène qui est restitué à l'air.

2. Cette fonction est appelée *assimilation chlorophyllienne* parce que les parties vertes ont des cellules qui contiennent de la chlorophylle et que ce sont seulement les parties vertes qui agissent.

3. Cette assimilation a pour effet de purifier l'atmosphère : d'où la nécessité des plantations d'arbres dans les villes, où précisément l'air a le plus besoin d'être purifié.

Démonstration expérimentale. — Pour rendre sensible le phénomène chlorophyllien, on met dans une éprouvette de l'eau contenant une quantité connue d'anhydride carbonique, de l'eau de seltz, et on y introduit une branche verte

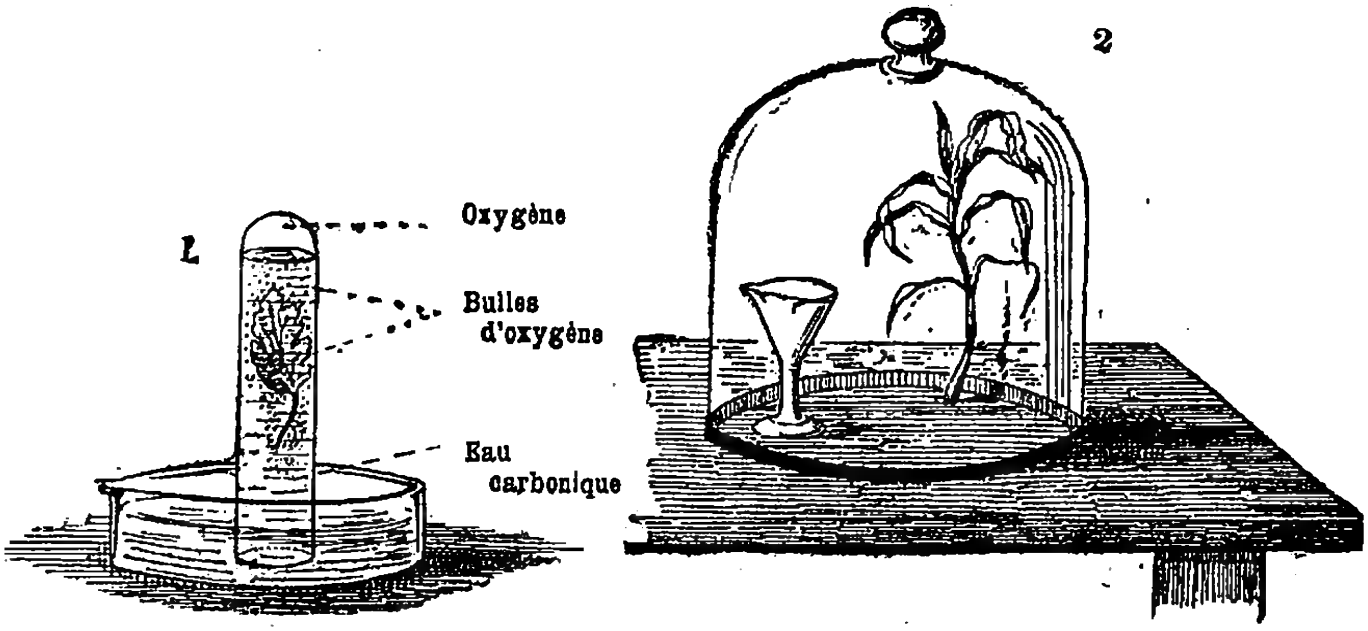


FIG. 187. — 1. Démonstration de la fonction chlorophyllienne. — 2. Démonstration expérimentale de la respiration foliaire.

(fig. 187,1). On expose le tout au soleil. On voit bientôt des bulles gazeuses se dégager des feuilles et gagner le sommet de l'éprouvette. Si l'on analyse, après expérience, le gaz dégagé, on trouve que c'est de l'oxygène pur et l'on constate, d'autre part, que la teneur de l'eau en anhydride carbonique est devenue moindre. Le phénomène n'a pas lieu dans l'obscurité.

RESPIRATION. — Le végétal respire bien par toute sa surface, présentant un énorme développement. Mais c'est surtout par les feuilles et leurs innombrables stomates que la respiration s'effectue. Les plantes respirent à la façon des animaux, elles absorbent l'oxygène

et rejettent l'anhydride carbonique. Elles combattraient donc par la respiration les bons effets qu'elles produisent dans l'assimilation chlorophyllienne, si cette dernière fonction n'était infiniment plus active que la première. Mais, la nuit, la respiration continue seule et l'air est vicié par les plantes comme par les animaux.

Démonstration expérimentale. — On introduit (fig. 187, 2) sous une cloche, à l'obscurité, un mélange d'oxygène et d'azote dans les proportions où ils se trouvent dans l'eau, ou, plus simplement, de l'air débarrassé d'anhydride carbonique par un passage à travers une solution de potasse.

Cette cloche recouvre un fragment de plante, tige, feuilles ou racines, et un verre contenant de l'eau de chaux. — Au bout d'un certain temps, l'eau de chaux se trouble, preuve qu'il s'est dégagé de l'anhydride carbonique sous la cloche qui n'en contenait pas auparavant; c'est donc que la partie de la plante mise en expérience en a exhalé : elle a respiré. Nous avons constaté le même phénomène d'exhalation d'anhydride carbonique en étudiant la respiration des animaux.

4. **Usages des feuilles.** — 1. Les unes sont alimentaires pour l'homme : les *Épinards*, l'*Oseille*, le *Chou*, le *Céleri*, le *Poireau*, la *Chicorée*, les *Salades*. D'autres servent de condiments : le *Persil*, le *Cerfeuil*, la *Pimprenelle*, l'*Estragon*, le *Laurier*. Un grand nombre de feuilles servent, concurremment avec les tiges, à l'alimentation du bétail : *Luzerne*, *Sainfoin*.

2. L'homme peut trouver dans certaines feuilles des remèdes : la feuille d'*Oranger*, qui donne par infusion une boisson calmante; la *Coca*, dont les Indiens d'Amérique mâchent les feuilles pour calmer la faim et dont nous extrayons la cocaïne; le *Thé*, dont la feuille fournit une infusion excitante et d'un goût agréable.

3. Certaines feuilles ont des usages industriels : l'*Alfa*, le *Raphia* qui fournissent des fibres textiles : les feuilles de certains *Indigotiers* qui donnent la matière colorante bleue appelée *indigo*.

RÉSUMÉ

1. Description de la feuille. — La feuille est formée du *limbe*, tenu au rameau par un *pétiole*.

2. Forme des feuilles. — La feuille est *simple* ou *composée*. Elle est formée des *nervures*, du *parenchyme* et de l'*épiderme*.

Sur la tige, les feuilles sont *opposées*, *verticillées* ou *alternes*.

3. Fonctions des feuilles.—Les feuilles servent à la *transpiration*, à l'*assimilation*, à la *respiration*.

La *transpiration* a pour but d'éliminer l'excès d'eau de la sève.

L'*assimilation*, ou fonction *chlorophyllienne*, fixe le carbone et rejette l'oxygène. L'air se trouve ainsi purifié par les végétaux.

La *respiration* a pour effet de faire absorber au végétal de l'oxygène et de lui faire dégager l'anhydride carbonique.

4. Usages des feuilles. — Les feuilles servent à l'*alimentation*, à la *médecine*, à l'*industrie*.

Questionnaire.

1. Qu'appelez-vous feuilles? — **2-1.** Que savez-vous des formes du limbe ? — 2. De ses contours ? — 3. De quoi se compose toute feuille? — 4. L'épiderme des feuilles? — Comment les feuilles s'insèrent-elles sur la tige? — **3.** Quelles sont les principales fonctions des feuilles? — 1. En quoi consiste la transpiration des feuilles? — 2. Que fait-on des feuilles quand on transplante un arbuste? — 1. Comment se fait l'assimilation ? — 2. Quel nom lui donne-t-on et pourquoi ? — 3. Quel en est le résultat pour l'atmosphère ? — Que savez-vous de la respiration des plantes ? — **4-1.** Citez des plantes dont les feuilles servent à l'alimentation. — 2. A la médecine. — 3. A l'industrie.

RÉDACTION. — La feuille. — Ses caractères. — Ses fonctions.

CHAPITRE XXV

ORGANES DE REPRODUCTION

1. — Nous avons vu que les organes de la reproduction des végétaux sont : la *fleur*, le *fruit* et la *graine*. Mais ces deux derniers organes ne sont que des parties de la fleur : c'est en effet celle-ci qui donne naissance au fruit, et c'est dans le fruit qu'on trouve la graine.

I. — FLEUR

2. Fleur. — La fleur est la partie du végétal qui renferme les organes propres à sa reproduction; elle est habituellement recherchée pour la richesse de ses couleurs ou pour la beauté de sa forme ou pour la finesse de son parfum. Mais il se fait que, précisément, les parties les plus brillantes de la fleur sont celles qui ont le moins d'utilité pour le but que la fleur doit atteindre : la perpétuation de l'espèce.

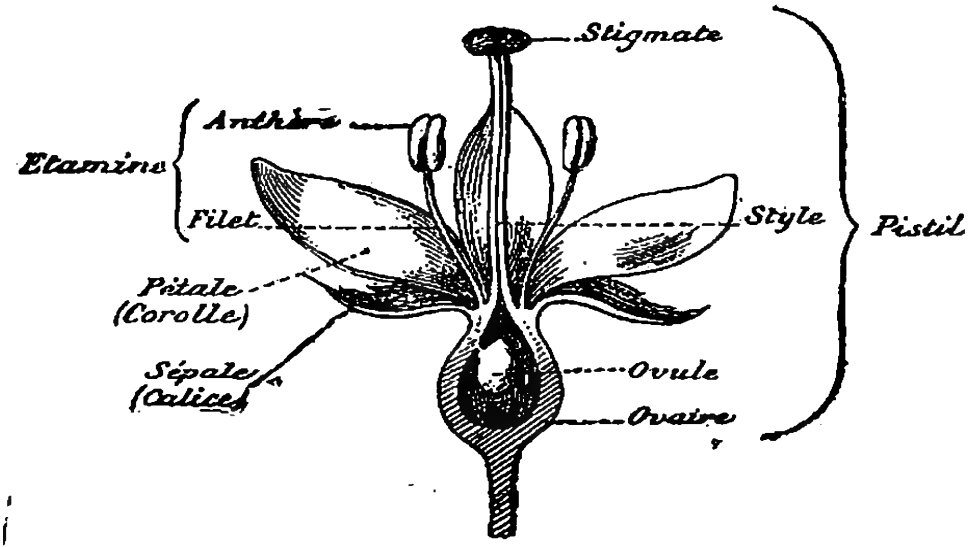


Fig. 188. — Coupe théorique d'une fleur complète.

3. Fleurs complètes. — Les différentes parties qui constituent une fleur, chez laquelle tous les organes existent, la rose sauvage par exemple, sont, en allant de l'extérieur vers l'intérieur : les *sépales*, dont l'ensemble constitue le *calice;* les *pétales*, dont la réunion

s'appelle *corolle ;* les *étamines* et le *pistil* (fig. 188). La fleur est ordinairement reliée au rameau par une queue, désignée sous le nom de *pédoncule.*

1 2

FIG. 189. — Différentes formes de calices.
1, calice *polysépale* de la giroflée ; — 2, calice *gamosépale* de l'œillet.

4. Calice. — 1. Le calice est l'enveloppe extérieure de la fleur, il se trouve à l'extrémité du pédoncule ; ses formes sont très variées ; sa couleur est généralement verte ; cependant c'est lui qui est coloré différemment chez la tulipe, le lis, la jacinthe.

2. Le calice est formé par un ensemble de petits organes assez semblables à des feuilles : les *sépales;* quand les sépales sont tous soudés ensemble à partir de la base, on dit que le calice est *gamosépale :* l'œillet ; il est *polysépale* quand les sépales sont séparés : la giroflée (fig. 189).

5. Corolle. — 1. La corolle est intérieure au calice ; c'est la partie la plus brillante de la fleur, c'est celle dont le tissu est le plus délicat, celle qui sécrète et exhale ses parfums embaumés.

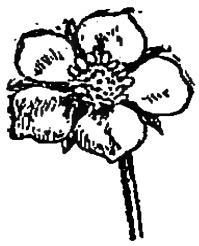


FIG. 190. — Fleur dialypétale (poirier).

FIG. 191. — Fleur gamopétale (primevère).

2. La corolle est l'ensemble des *pétales.* Comme le calice, la corolle peut avoir ses pétales soudés ensemble sur toute ou partie de sa longueur ; on dit alors que la corolle est *gamopétale* (fig. 191) : le tabac, la primevère, la violette ; dans le cas où les pétales sont libres à partir de la base, la corolle est *dialypétale* (fig. 190) : la giroflée, la rose, l'œillet, le

poirier, et, alors, le nombre des pétales est très variable.

3. Les différentes formes de corolles sont fort nombreuses : la corolle est *labiée* (1) (fig. 192) quand elle est divisée en deux lèvres : la sauge ; *personnée* (2), quand elle a l'apparence du masque d'un animal : la gueule-

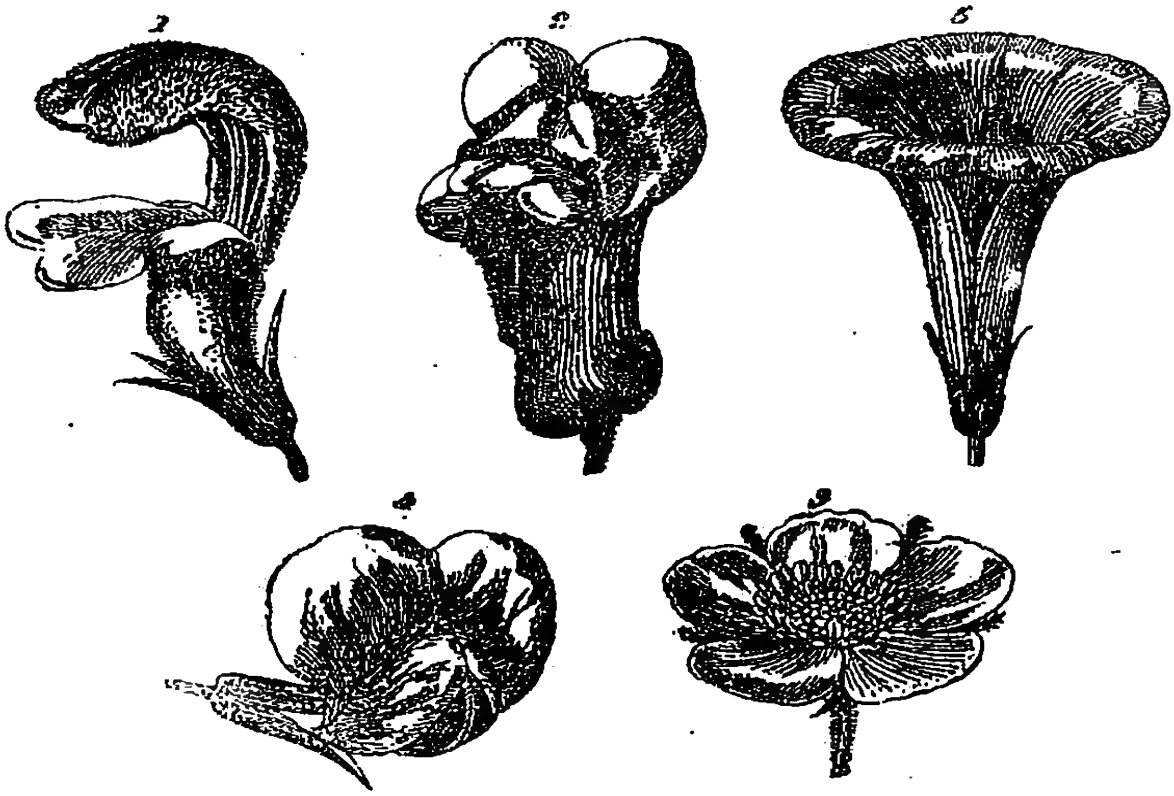


FIG. 192. — Différentes formes de corolles.

1, corolle *labiée* de la sauge ; — 2, corolle *personnée* de la gueule-de-loup ; — 3, corolle *campanulacée* du liseron ; — 4, corolle *papilionacée* du haricot ; — corolle *rosacée* (fleur de pommier).

de-loup, ; *campanulacée* (3), quand elle est en forme de cloche : le liseron ; *papilionacée* (4), quand elle ressemble aux ailes d'un papillon : le haricot, le pois ; *rosacée* (5), quand elle a la forme d'une rosace : la rose, le pommier, etc.

6. Etamines. — 1. Les étamines sont des filaments situés entre les pétales et le pistil, et qui sont fixés, soit au-dessous de l'ovaire, soit sur le calice, soit autour de l'ovaire lui-même. La façon dont les étamines sont *insérées* est assez importante, car elle est un des éléments utilisés dans la classification des plantes.

2. Le nombre des étamines est très variable : certaines fleurs n'en renferment qu'une seule : le saule ; d'autres en contiennent plusieurs centaines : le pavot, la pivoine.

3. Chaque étamine est formée de deux parties : le *filet* et l'*anthère* (fig. 192).

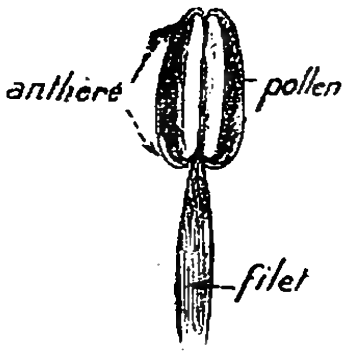


Fig. 193. — Une étamine.

4. Le *filet* n'est que le support de l'anthère ; c'est ordinairement un filament cylindrique ou parfois conique. Il n'est pas rare cependant de voir le filet se transformer en pétale, soit naturellement, soit par un procédé de culture ; la fleur est dite alors *fleur double*, car elle renferme, en outre de ses pétales naturels, ceux qui proviennent de la transformation des étamines : telles sont les fleurs doubles du rosier, du pavot, de l'œillet, etc.

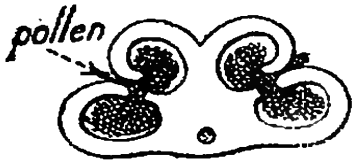


Fig. 194. — Coupe horizontale à travers une anthère.

5. L'*anthère* est un petit sac à une ou deux loges qu'on trouve fixé à l'extrémité du filet. Il contient une poussière très fine, généralement jaune, appelée *pollen*, dont nous allons voir plus loin la grande utilité.

7. Pistil. — 1. Le pistil se trouve au milieu des étamines : c'est la partie centrale de la fleur. Quelquefois le pistil est simple, c'est-à-dire constitué par une seule pièce : le haricot ; plus souvent, on le trouve formé de plusieurs pièces libres ou soudées, nommées *carpelles*.

2. Chaque carpelle est formé, en commençant par le haut : du *stigmate*, du *style* et de l'*ovaire* (fig. 195).

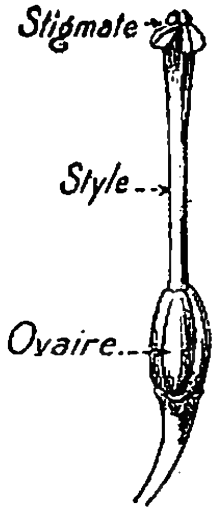


Fig. 195. — Un pistil.

3. Le *stigmate* est une petite glande, de forme variable, qu'on trouve à l'extrémité du style, ou qui, en l'absence du style, repose direc-

tement sur l'ovaire; sa surface se recouvre d'un enduit visqueux à l'époque de la fécondation.

4. Le *style* est une petite tige cylindrique et creuse qui prolonge l'ovaire et qui soutient le stigmate.

5. L'*ovaire* est la partie renflée que prolonge le style. C'est une cavité à une ou plusieurs loges, dont chacune renferme un ou plusieurs petits corps nommés *ovules ;* elle offre généralement autant de loges que le pistil a de carpelles. C'est l'ovaire qui, par son accroissement, va devenir le fruit.

8. Fleurs incomplètes. — 1. Il existe des fleurs complètement *dépourvues de corolle ;* dans ce cas, celle-ci est remplacée par le calice diversement coloré : il en est ainsi pour toutes les plantes monocotylédones : le lis, la jacinthe, la tulipe, etc., et pour certaines plantes dicotylédones : l'ortie, le peuplier.

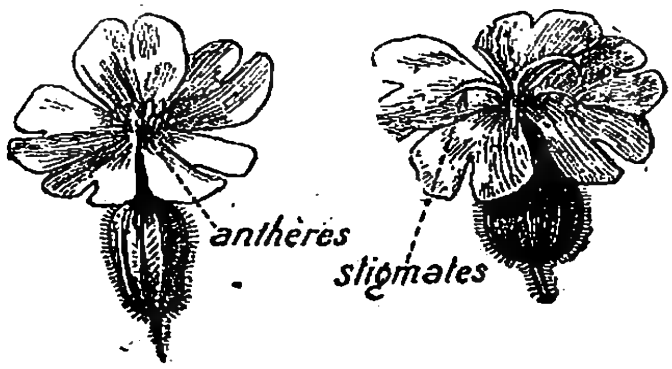


FIG. 196. — Fleurs de Lychnis. — Les anthères et le pistil sont sur des fleurs séparées, mais sur le même pied.

2. Par certains procédés de culture, on transforme partiellement ou en totalité les étamines d'une fleur en pétales; on dit que la fleur est *double*. Mais aucune plante capable de repro-

Fleurs à étamines. Fleurs à pistil.

FIG. 197. — Fleurs de saule. — Les fleurs pistillées et les fleurs étaminées sont sur des pieds différents.

dure ne peut être complètement dépourvue de pistil ni d'étamines : ces deux organes sont indispensables au développement de la graine ; les autres parties de la fleur n'ont qu'un but de protection ou d'ornementation.

3. Cependant, s'il est fréquent que la même fleur renferme à la fois ses étamines et son pistil, on trouve souvent aussi sur un même pied végétal des fleurs qui ne portent que les étamines et d'autres qui n'ont que le pistil : il en est ainsi pour le melon, les noisettes, le lychnis (fig. 196). On dit que la plante est *monoïque*.

4. Tantôt encore, ce sont deux pieds différents, dont l'un porte des fleurs à étamines et l'autre des fleurs à pistil, qui forment à eux deux un végétal complet pour la reproduction : tels le chanvre, le saule (fig. 197). On dit que la plante est *dioïque*.

9. Fonctions des étamines et du pistil. — 1. Quand la fleur est complètement épanouie, les pétales développés et le pistil élevé au milieu des étamines, les anthères gorgées s'ouvrent de toutes parts pour laisser échapper leur pollen sur le stigmate, qui retient avidement cette poussière fécondante.

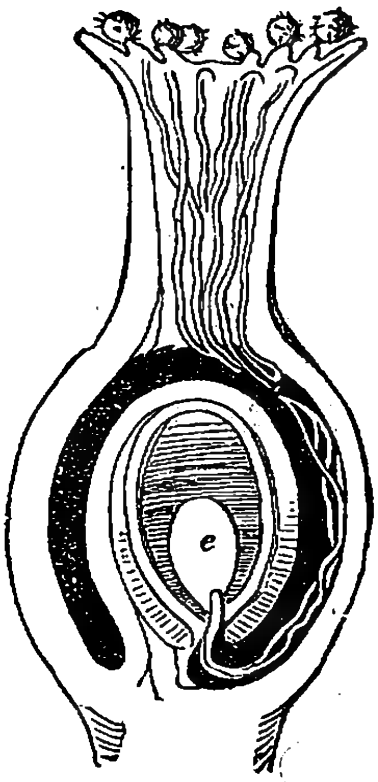


Fig. 199. — Coupe théorique du pistil. — Les grains de pollen germant sur le stigmate pénètrent jusqu'à l'ovule *e*.

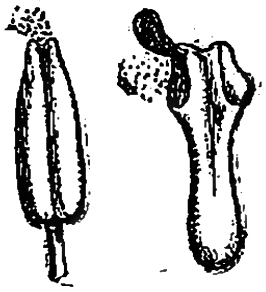


Fig. 198. — Anthères laissant échapper leur pollen.

2. Chaque grain de pollen, en contact avec la surface humide du stigmate, se ramollit et s'allonge en un tube qui s'engage dans l'ovaire en suivant le style (fig. 199). Il y rencontre un ovule, auquel il s'attache, pour devenir bientôt son embryon ; l'ovule prend alors le nom de *gaine*.

INFLORESCENCE. — Les fleurs peuvent être *solitaires* comme dans la tulipe, l'églantier ; le plus souvent elles sont disposées en groupes ayant toujours une même forme pour une même espèce, ce qui a permis de se servir de la disposition des fleurs pour classer les plantes. L'*inflorescence* est le mode de groupement des fleurs dans une plante.

Les principales inflorescences sont : la *grappe* qui comprend une tige principale de laquelle partent des pédoncules de même longueur. La grappe est *simple* comme dans les groseilles, ou *composée* comme dans la vigne.

L'*épi* est une grappe simple dont les pédoncules sont nuls : le blé, le plantain, le bouillon blanc, la verveine.

Le *corymbe* est une sorte de grappe dans laquelle les pédoncules sont de différentes longueurs ; le corymbe est *simple :* le poirier, ou *double* : l'aubépine.

L'*ombelle* est une fleur dans laquelle les pédoncules partent d'un même point ; elle est *simple :* l'ail, ou *composée :* la carotte.

Le *capitule* est une ombelle dont les pédoncules sont nuls : la marguerite, la pâquerette, l'artichaut.

II. — FRUIT

10. Fruit. — 1. Dès que l'ovule a été fécondé pour devenir *graine*, l'ovaire tout entier se développe ; il s'allonge, il grossit, s'emplit de chair gorgée de sucs : c'est le fruit.

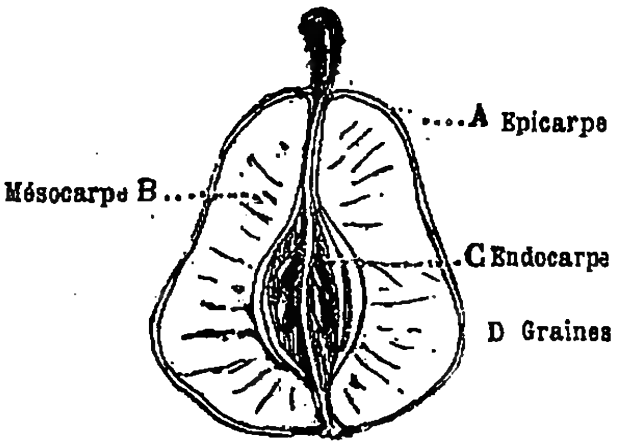


FIG. 199 *bis*. — Coupe d'une poire.

2. Le fruit est donc l'ovaire développé ; il renferme les graines qui portent elles-mêmes l'embryon. Ce n'est pas seulement le produit de la fleur bon à manger qu'on désigne sous le nom de fruit, mais bien tout *organe qui renferme les graines*.

Le fruit mûr se compose d'une enveloppe plus ou moins épaisse, appelée *péricarpe*, et des *graines*.

Le *péricarpe* comprend trois parties : l'*épicarpe* ou enveloppe extérieure; le *mésocarpe* ou couche moyenne, et l'*endocarpe*.

Ainsi, dans une *pomme*, l'épicarpe est la pelure; le mésocarpe est la couche charnue qu'on mange et l'endocarpe est la membrane résistante et cornée qui enveloppe directement les graines.

Dans une *cerise*, l'épicarpe est l'enveloppe brillante extérieure; le mésocarpe est la pulpe qu'on mange, et l'endocarpe est la partie ligneuse et dure qui renferme le noyau.

Dans la *noix*, l'épicarpe et le mésocarpe sont l'enveloppe verte; l'endocarpe est l'enveloppe dure.

Les fruits sont *charnus* ou *secs*. Parmi les fruits charnus sont : les *baies*, groseilles, raisins; les *drupes* : cerises, pêches, pommes, etc.

Les fruits secs sont *déhiscents* lorsqu'ils s'ouvrent au moment de leur maturité pour laisser échapper la graine. Ce sont la *gousse* du pois, la *silique* de la chicorée, la *capsule* du pavot.

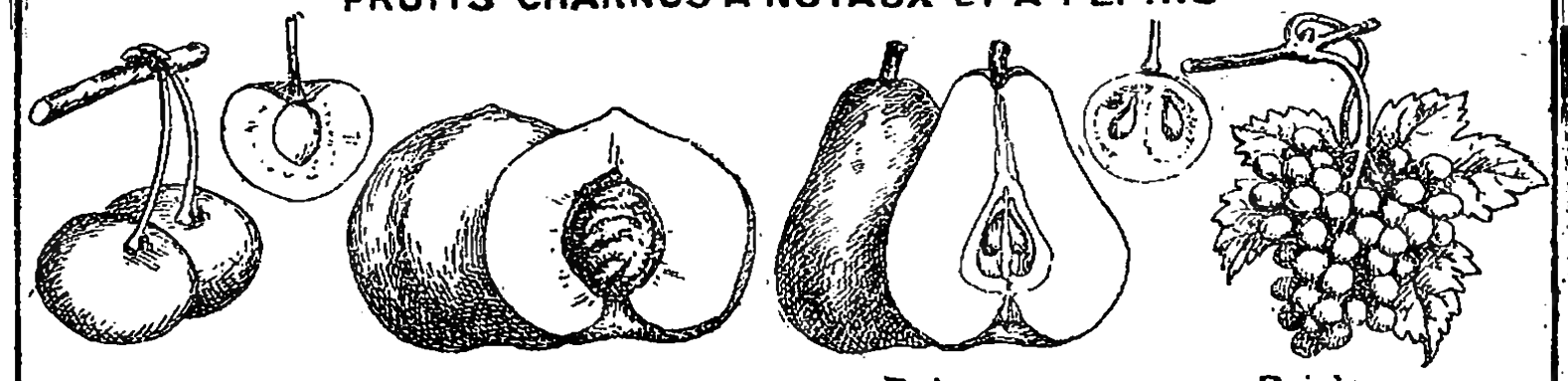
Les fruits secs sont *indéhiscents* lorsqu'ils ne s'ouvrent pas à leur maturité. Ce sont l'*akène* du pissenlit, le *cariopse* du blé, le *samare* de l'orme.

Quand sur un réceptacle commun se trouvent disposés un nombre plus ou moins grand de petits fruits comme chez la mûre, la framboise, les figues, on dit que le *fruit est composé*. La mûre, la framboise sont formées d'un groupement de petits drupes, la figue est composée d'akènes.

Les principaux agents de *dissémination* des graines sont l'homme d'abord, puis les animaux, les oiseaux qui s'en nourrissent, les cours d'eau qui les entraînent, les vents qui transportent au loin les graines à *ailes* comme celles de l'orme, du frêne, celles à *aigrettes* comme celles du salsifis.

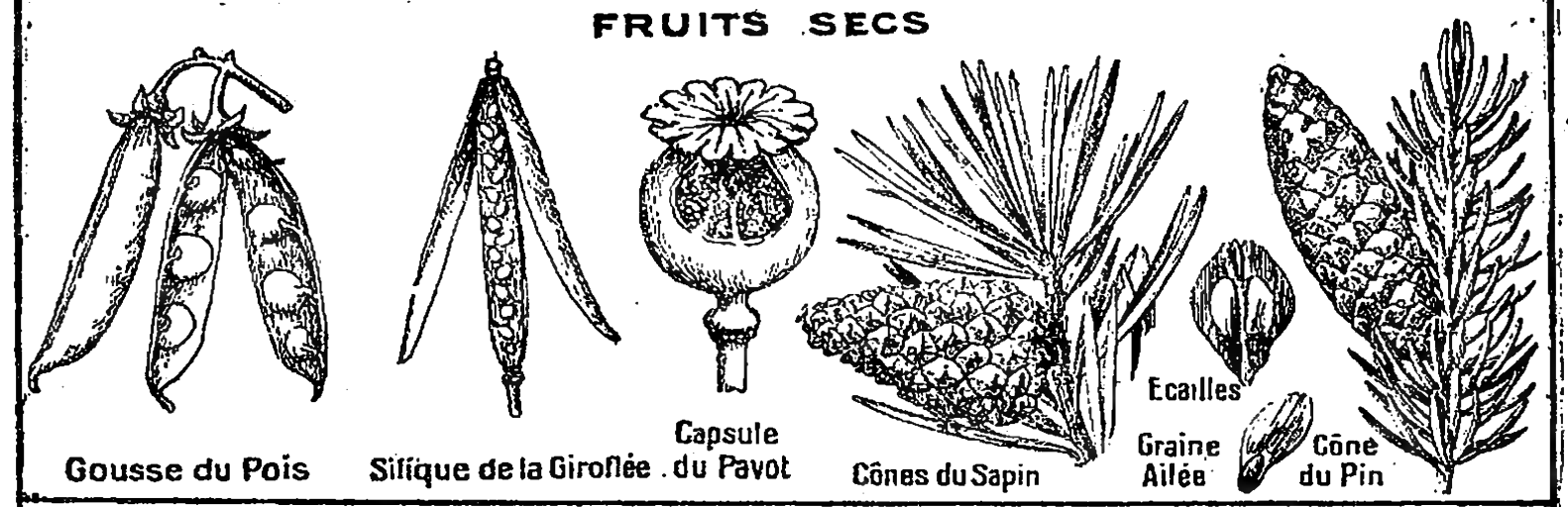
11. Modes de reproduction des arbres frui-

FRUITS CHARNUS À NOYAUX ET À PÉPINS



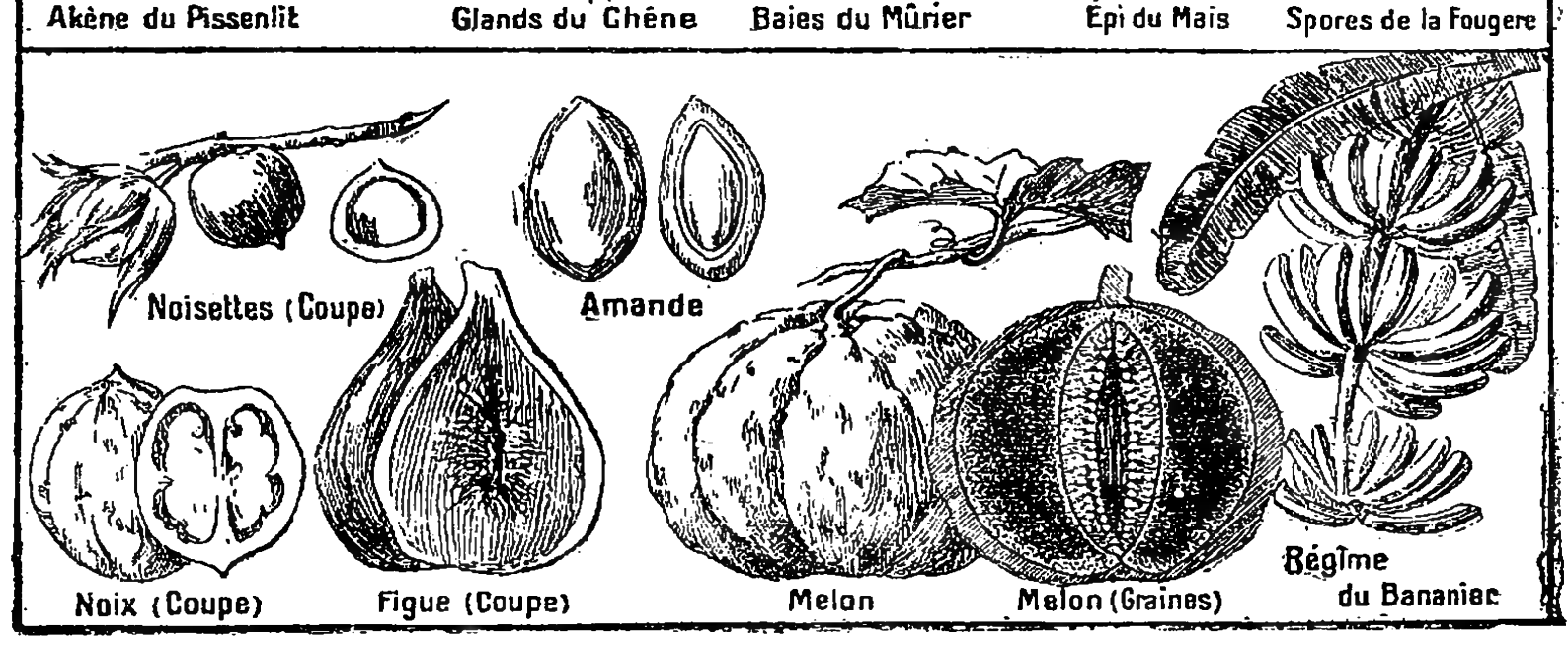
Cerises — Pêches — Poires — Raisin

FRUITS SECS



Gousse du Pois — Silique de la Giroflée — Capsule du Pavot — Cônes du Sapin — Cône du Pin

Akène du Pissenlit — Glands du Chêne — Baies du Mûrier — Épi du Maïs — Spores de la Fougère



Noisettes (Coupe) — Amande — Noix (Coupe) — Figue (Coupe) — Melon — Melon (Graines) — Régime du Bananier

tiers. — 1. Pour maintenir et propager les espèces fruitières jugées les meilleures, on emploie le *greffage*, le *bouturage* et le *marcottage*.

2. La greffe. — Le greffage consiste à unir un rameau ou un bourgeon d'un végétal à une tige d'un autre végétal ; et le nouveau sujet obtenu portera les fruits de l'arbre dont on a détaché le rameau ou le bourgeon. *La greffe ne réussit, d'une façon générale, que sur des arbres de la même espèce ou de la même famille.*

3. Quand on greffe sur un sujet de la même espèce, pommier sur pommier, poirier sur poirier, on dit qu'on greffe sur *franc*.

La greffe se fait en *fente, en écusson* ou par *approche*.

12. *Greffe en fente.* — 1. La greffe en fente est celle qui réussit le mieux ; elle s'effectue sur les jeunes sujets, en mars pour les espèces hâtives, en avril pour les espèces tardives. Elle se fait en introduisant un petit rameau muni de deux ou trois boutons dans une fente pratiquée dans la tige du sujet à greffer, coupée horizontalement (fig. 200). La greffe est taillée en biseau à sa partie inférieure, et il est indispensable que les surfaces intérieures des écorces coïncident ; car c'est par la communication des sèves que s'opère la soudure.

2. Dans la *greffe en couronne*, qui n'est qu'une modification de la greffe en fente, on insère plusieurs greffes taillées en biseau effilé, sans fendre le bois, entre le bois et l'écorce, tout autour du sujet coupé horizontalement (fig. 200).

13. *Greffe en écusson.* — 1. La greffe en écusson se fait au printemps et en été, quand les arbres sont en pleine sève. On découpe soigneusement, en forme d'écusson, une lame d'écorce munie d'un bourgeon, prise à un rameau du végétal que l'on veut reproduire ; puis on introduit l'écusson entre l'écorce et le bois d'une tige du végétal qu'on veut améliorer, grâce à une incision faite en forme de T (fig. 200). Cette opéra-

tion se fait à l'aide du *greffoir*, canif portant une lame d'acier et une spatule d'ivoire.

2. La greffe est dite à *œil dormant*, si elle est pratiquée à la fin de l'été, en août ou septembre, parce qu'elle ne poussera qu'au printemps suivant ; on la dit à *œil poussant* quand elle est effectuée au printemps.

14. *Greffe par approche.* — 1. Cette greffe se pratique sur deux arbres qui sont assez voisins pour que leurs branches se touchent, ou sur un même arbre pour y développer des branches aux endroits voulus, en approchant des rameaux appartenant au végétal lui-même. On choisit deux branches d'égale grosseur et on les coupe toutes deux à mi-moelle, puis on les

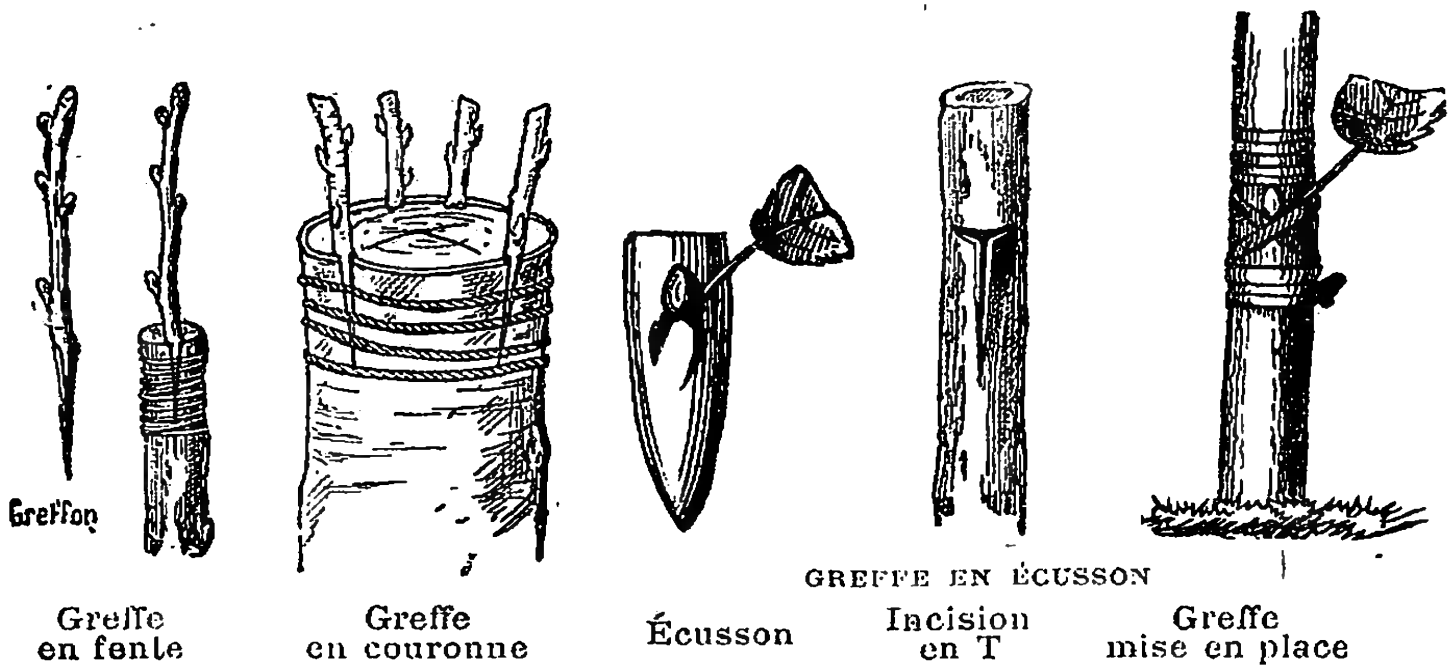


FIG. 200. — La greffe.

applique l'une contre l'autre, de telle sorte que les écorces se touchent par leurs bords ; on les retient par des ligatures d'osier ou de laine (fig. 200) ; quand la soudure est complète, on coupe la branche inutile.

2. Dans ces trois genres de greffes, on maintient la greffe au sujet par des liens de grosse laine et l'on bouche les fentes avec de la poix, de l'argile et mieux avec de la cire à greffer, obtenue en faisant fondre ensemble de la poix, de la cire et du suif.

15. Bouturage. — Le bouturage consiste à détacher d'une plante un rameau garni de bourgeons et à le planter dans des conditions qu'il puisse se développer lui-même. Ce rameau émet des racines adventives qui sont bientôt capables de puiser la nourriture dans le sol. Le bouturage reproduit plus rapidement et plus exactement que par les graines la plante de laquelle on a séparé la bouture ; on l'emploie pour la vigne, les saules, les géraniums.

Fig. 201. — Bouture de géranium.

16. Marcottage. — Le marcottage consiste à coucher dans la terre un rameau sans le séparer du végétal. Des racines adventives se développent sur la partie qui est en terre; lorsqu'elles sont bien formées, on détache complètement le rameau de la plante; et on a ainsi un nouveau sujet. Ce procédé, comme le bouturage, a l'avantage de reproduire une plante dont les caractères sont identiques à ceux de la plante sur laquelle on opéra : on marcotte la vigne, les saules, le laurier-rose, etc.

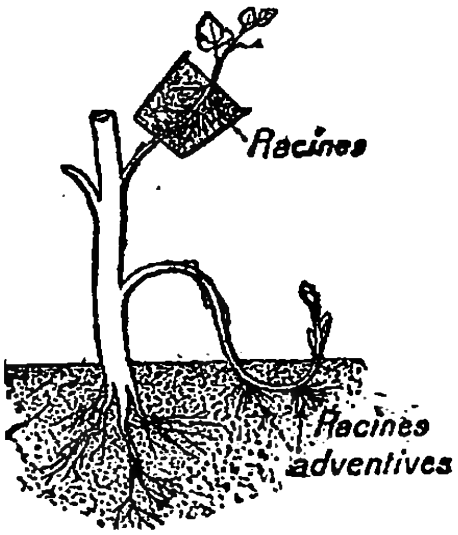


Fig. 202. — Marcotte de vigne.

17. Parti qu'on tire des fleurs et des fruits. — 1. En dehors du parti que le jardinier tire des fleurs pour l'ornementation et pour le plaisir des yeux, la médecine en utilise un grand nombre : le *Tilleul*, la *Camomille*, la *Mauve*, la *Fleur d'oranger*, la *Rose* de *Provins*, etc.; la parfumerie emploie les essences odorantes qu'on extrait de la *Rose*, du *Jasmin*, de l'*Héliotrope ;* d'autres fleurs fournissent des matières colorantes, le *Safran*, le *Carthame;* enfin c'est dans les fleurs que les abeilles

et les guêpes viennent puiser les éléments du miel.

2. De nombreux fruits sont comestibles : *Pommes*, *Poires*, *Pêches*, etc., etc.; des liquides sucrés qu'on en extrait, on prépare, après fermentation, du *vin* ou du *cidre*, puis de l'*alcool*.

Le fruit vert du haricot (le haricot vert) est comestible

RÉSUMÉ

1. Les organes de reproduction sont la *fleur*, le *fruit*, la *graine*.

2-3. Fleurs complètes. — La fleur complète comprend e *calice* formé des *sépales;* la *corolle* formée des *pétales;* les *étamines*, le *pistil*.

4-5. Le calice est *gamosépale* ou *polysépale;* la corolle est *gamopétale* ou *polypétale*.

La corolle est *labiée*, *personnée*, *campanulacée*, *papilionacée*, suivant sa forme.

6. Chaque *étamine* comprend le *filet* et l'*anthère*.

7. Le *pistil* comprend le *stigmate*, le *style* et l'*ovaire*.

8. Fleurs incomplètes — Les *fleurs incomplètes* manquent d'un des organes essentiels à la fleur; c'est la réunion de deux fleurs, incomplètes *différemment*, qui constitue une fleur complète.

9. Fonctions des étamines et du pistil. — Pour que l'*ovaire devienne fruit*, il est nécessaire qu'un grain de *pollen* tombe sur le *stigmate*, s'engage dans le style et se fixe à l'ovaire.

Les fleurs sont *solitaires* ou groupées de façons diverses.

Les principales inflorescences sont : la *grappe :* groseiller, vigne; l'*épi :* blé, plantain, bouillon blanc; le *corymbe :* poirier, aubépine; l'*ombelle :* ail, carotte; la *capitule :* marguerite, pâquerette, artichaut.

10. Fruit. — Le fruit est l'ovaire développé après fécondation; il renferme la *graine*.

Le fruit mûr se compose du *péricarpe* et des *graines*.

Le péricarpe comprend l'*épicarpe*, le *mésocarpe* et l'*endocarpe*.

Les fruits sont *charnus* ou *secs*.

Parmi les fruits charnus, on cite : les *baies*, les *drupes*.

Parmi les fruits secs déhiscents, on cite : la *gousse*, la *silique*, la *capsule*.

Parmi les fruits secs indéhiscents, on cite : l'*akène*, le *caryopse*, le *samare*.

Les principaux agents de dissémination des graines sont l'homme, les animaux, les oiseaux, les cours d'eau et les vents.

11-16. Greffe. — La greffe permet de propager les bonnes espèces fruitières ; elle se pratique en *fente*, en *écusson*, ou *par approche*.

17. Parti qu'on tire des fleurs et des fruits. — Les fleurs servent à l'*ornementation;* elles sont employées en *médecine*, en *parfumerie*, en *teinture*. Les fruits sont *comestibles;* on en extrait, après fermentation, des boissons, de l'alcool.

Questionnaire.

1. Quels sont les organes de reproduction? — **2.** Qu'est-ce que la fleur? — **3.** De quoi se compose une fleur complète? — **4-1.** Qu'appelle-t-on calice de la fleur? — 2. Calice gamosépale? — 3. Polysépale? — **5-1.** Qu'appelle-t-on corolle? — 2. Corolle gamopétale? — Polypétale? — 3. Quelles sont les différentes formes des corolles? — **6-1.** Que savez-vous des étamines? — 2. De leur nombre? — 3. Des divisions de l'étamine? — 4. Du filet? — 5. De l'anthère? — **7-1.** Qu'est-ce que le pistil? — 2. De quoi se compose un carpelle? — 3. Que savez-vous du stigmate? — 4. Du style? — 5. De l'ovaire? — **8-1.** Qu'appelle-t-on fleurs incomplètes? — 2. Quels sont les organes nécessaires au développement de la graine? — 3. Les étamines et le pistil se trouvent-ils toujours dans la même fleur? — 4. Sur le même pied dans une plante? — **9-1.** D'où sort le pollen? — 2. Que devient le pollen quand il tombe du stigmate? — 3. Qu'est-ce que l'inflorescence? — 4. Qu'est-ce qui caractérise la grappe? l'épi? le corymbe? la capitule? — **10-1.** Qu'est-ce que le fruit? — 2. Que renferme-t-il? — **11-1.** Comment propage-t-on les arbres fruitiers? — 2. De quoi se compose le fruit mûr? — 3. Que comprend le péricarpe? — 4. Citez deux variétés de fruits charnus? — 5. Qu'est-ce que les fruits déhiscents? — 6. Qu'est-ce que les fruits indéhiscents? — 7. Quels sont les principaux genres de dissémination? — 8. Qu'est-ce que la greffe? — 9. La greffe sur franc? — 10. Combien de sortes de greffes? — **12-1.** Quand et comment se fait la greffe en fente? — 2. Citez une variété de la greffe en fente? — **13-1.** Quand et comment se fait la greffe en écusson? — 2. Qu'appelle-t-on greffe à œil dormant? — 3. A œil poussant? — **14-1.** Comment greffe-t-on par approche? — 2. Comment maintient-on la greffe? — **15.** Que savez-vous du procédé de reproduction appelé bouturage? — **16.** Du marcottage? — **17-1.** Quel parti tire-t-on des fleurs? — 2. Des fruits?

Rédaction. — La fleur complète. — Rôle de chacune des parties qui la composent.

CHAPITRE XXVI

CLASSIFICATION VÉGÉTALE

1. Embranchements. — Classes. — Familles. — 1. Nous avons divisé les êtres du règne végétal en 3 embranchements, d'après les caractères de la graine :

Dicotylédones,	*Acotylédones*.
Monocotylédones,	

2. Les deux premiers forment les *Phanérogames* ou végétaux à fleurs apparentes; le troisième compose à lui seul le groupe des *Cryptogames*, sans fleurs distinctes.

Les *dicotylédones* ont des feuilles à pétioles et à nervures ramifiées ; leur corolle et leur calice sont à quatre ou cinq divisions.

Les *monocotylédones* ont des feuilles ordinairement en forme de gaine et à nervures parallèles à l'axe principal; eur corolle et leur calice sont à trois ou six divisions.

3. Ces trois embranchements sont eux-mêmes divisés en *classes* et les classes en *familles*. Nous ne nous occuperons que des familles et, encore, nous ne citerons que les plus importantes.

4. Ont été placées dans la même famille les plantes dont les *fleurs* ont un grand degré de ressemblance, et chez lesquelles les *étamines sont insérées de la même façon ;* les caractères des fleurs semblent correspondre en effet à des caractères distinctifs et essentiels des plantes.

I. — DICOTYLÉDONES

2. Phanérogames dicotylédones. — Parmi les Phanérogames dicotylédones, on distingue :

1° Les *Dialypétales* dont les fleurs ont les pétales séparés ;

2° Les *Gamopétales* dont les pétales sont soudés ;

3° Les *Apétales* à fleurs sans pétales.

A. — DICOTYLÉDONES DIALYPÉTALES

3. — Les principales familles des dicotylédones dialypétales sont :

Les *Rosacées ;*	Les *Ombellifères ;*
Les *Légumineuses ;*	Les *Cucurbitacées;*
Les *Crucifères ;*	Les *Papavéracées.*

4. Rosacées. — Dans cette famille on place les végé-

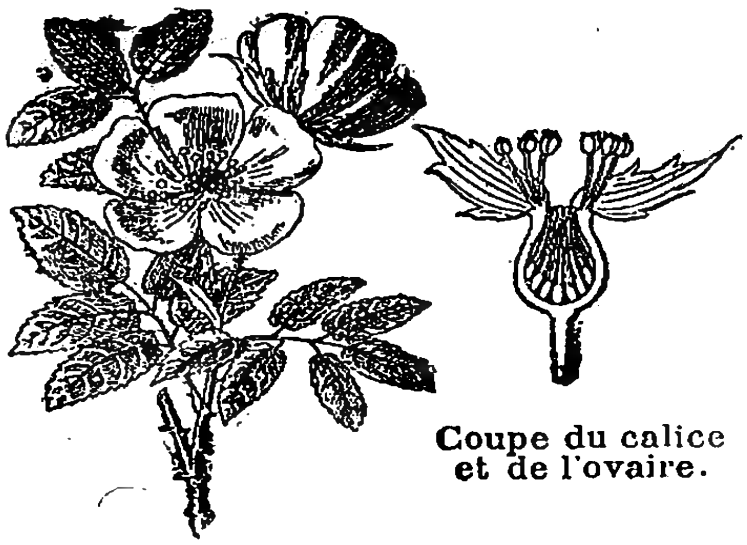


Fig. 203. — Rameau fleuri d'Églantier au 1/2 (*Rosacées*).

taux dont la fleur ressemble à celle du rosier sauvage, l'*Églantier* (fig. 203) ; ils ont tous une fleur à cinq pétales

et à cinq sépales, les *Rosiers*, le *Poirier*, le *Pommier*, l'*Abricotier*, le *Cerisier*, le *Prunier*, le *Pêcher*, le *Framboisier*, le *Fraisier*, l'*Aubépine*, la *Ronce*, etc.

5. Légumineuses. — 1. La fleur des Légumineuses a pour type celle du *Pois;* on l'appelle papilionacée, parce qu'elle rappelle assez un papillon aux ailes déployées. Le pétale *a*, qui se trouve à la partie supé-

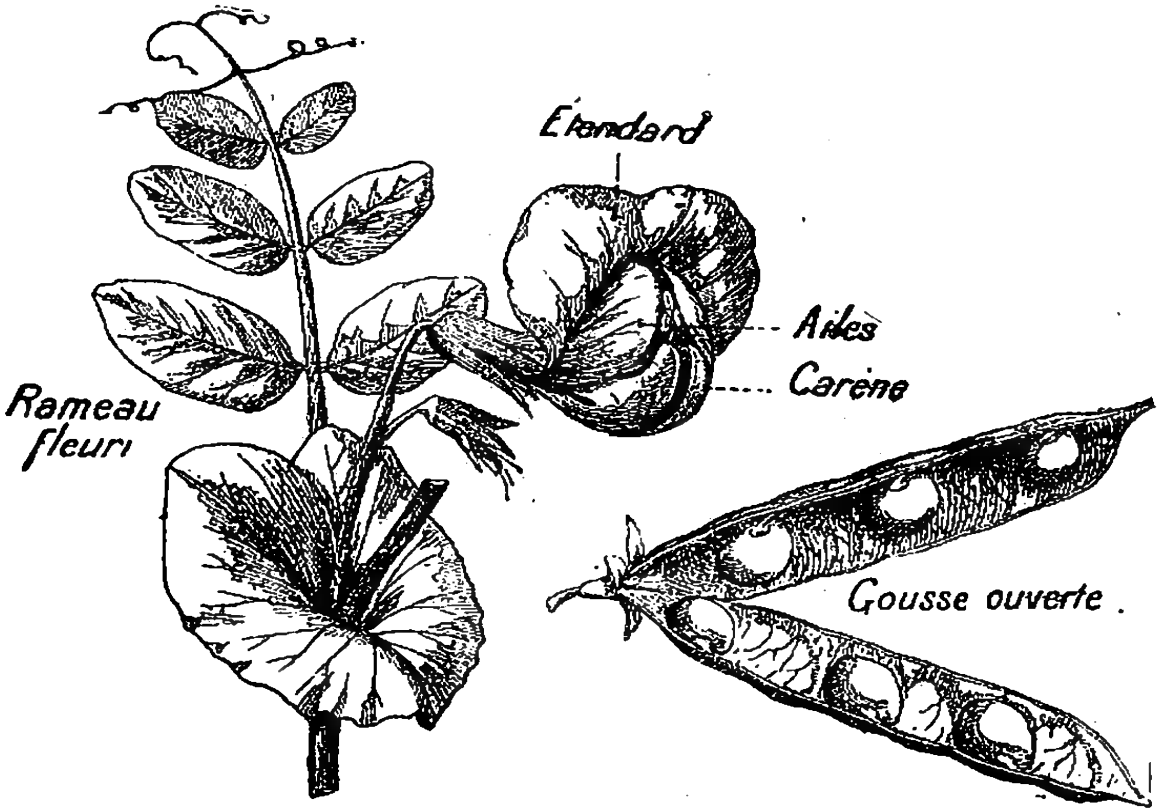


FIG. 204. — Pois (*Légumineuses*).

rieure de la fleur, s'appelle *étendard;* les deux qui se trouvent de chaque côté *b* se nomment *ailes*, et les deux derniers *c*, qui ressemblent à la coque d'un navire, forment la *carène;* le fruit est une *gousse*.

2. Cette famille tire son nom de ce qu'elle contient de nombreuses plantes alimentaires. On y rencontre le *Pois*, le *Haricot*, la *Fève*, la *Lentille;* puis les espèces fourragères : le *Sainfoin*, le *Trèfle*, la *Luzerne;* ensuite

le *Genêt*, la *Réglisse*, dont la tige souterraine contient un suc adoucissant ; enfin la *Glycine* et les *Acacias*.

6. **Crucifères.** — 1. Cette famille renferme les plantes dont la corolle a quatre pétales égaux disposés en *croix* et six étamines dont quatre grandes et deux petites ; c'est une des plus nombreuses familles du règne

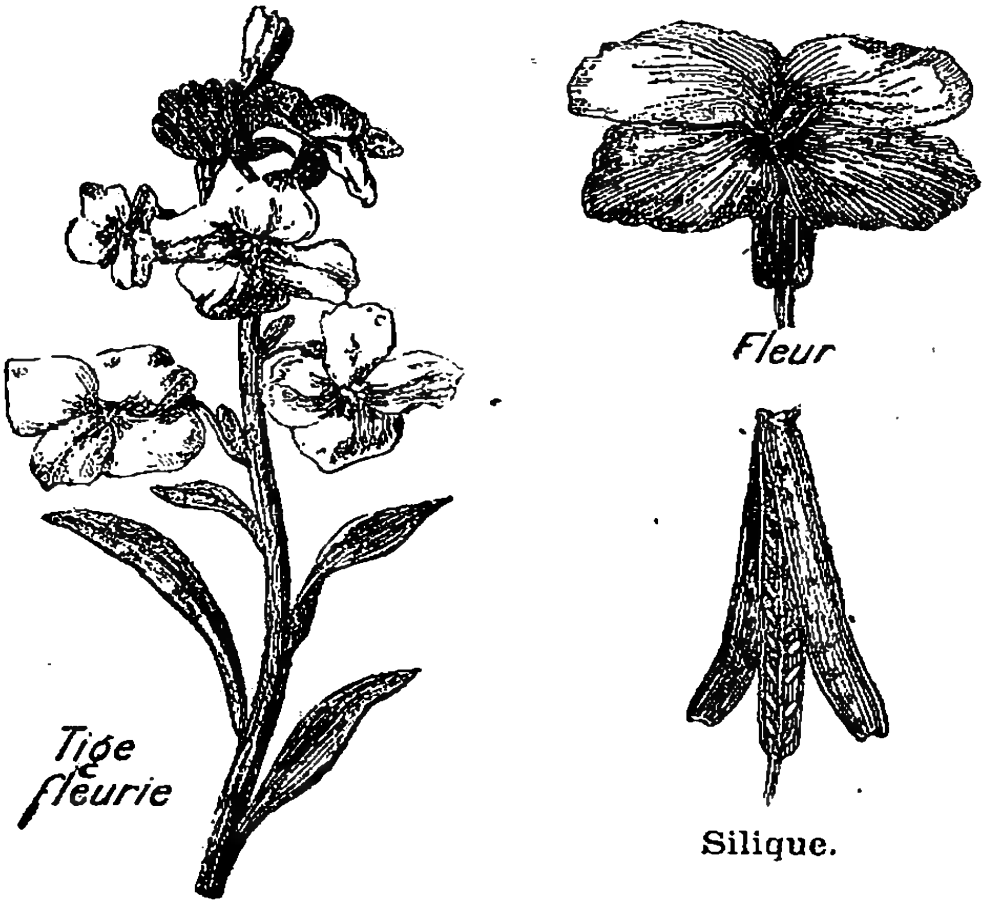


FIG. 205. — Giroflée (*Crucifère*).

végétal. Le fruit est une *silique*, s'ouvrant à la maturité.

2. Toutes les espèces de cette famille ont des propriétés stimulantes et antiscorbutiques ; aussi sont-elles employées dans l'économie domestique et en médecine.

3. Tels sont : le *Navet*, le *Radis*, le *Cresson*, la *Mou-*

tarde ; le *Colza* et la *Navette*, dont les graines fournissent des huiles pour l'éclairage ; le *Chou*, la *Giroflée* (fig. 205), la *Julienne*, le *Thlaspi*, etc.

7. Ombellifères. — La forme des fleurs de cette

a, *b*, tige herbacée ; *c*, racine ; *d*, fruit (au double) ; *e*, coupe transversale d'une partie du fruit, grossie trois fois.

Fig. 206. — Grande Ciguë ou Ciguë tachetée (*Ombellifères*).

famille rappelle assez une *ombrelle* chinoise ouverte : la *Carotte*, le *Céleri*, le *Cerfeuil*, le *Persil*, l'*Angélique*, l'*Anis ;* puis la *Ciguë*, qui a des propriétés très vénéneuses et dont la ressemblance avec le Persil peut causer de grands dangers.

8. — D'autres familles de dicotylédonées à pétales séparés sont :

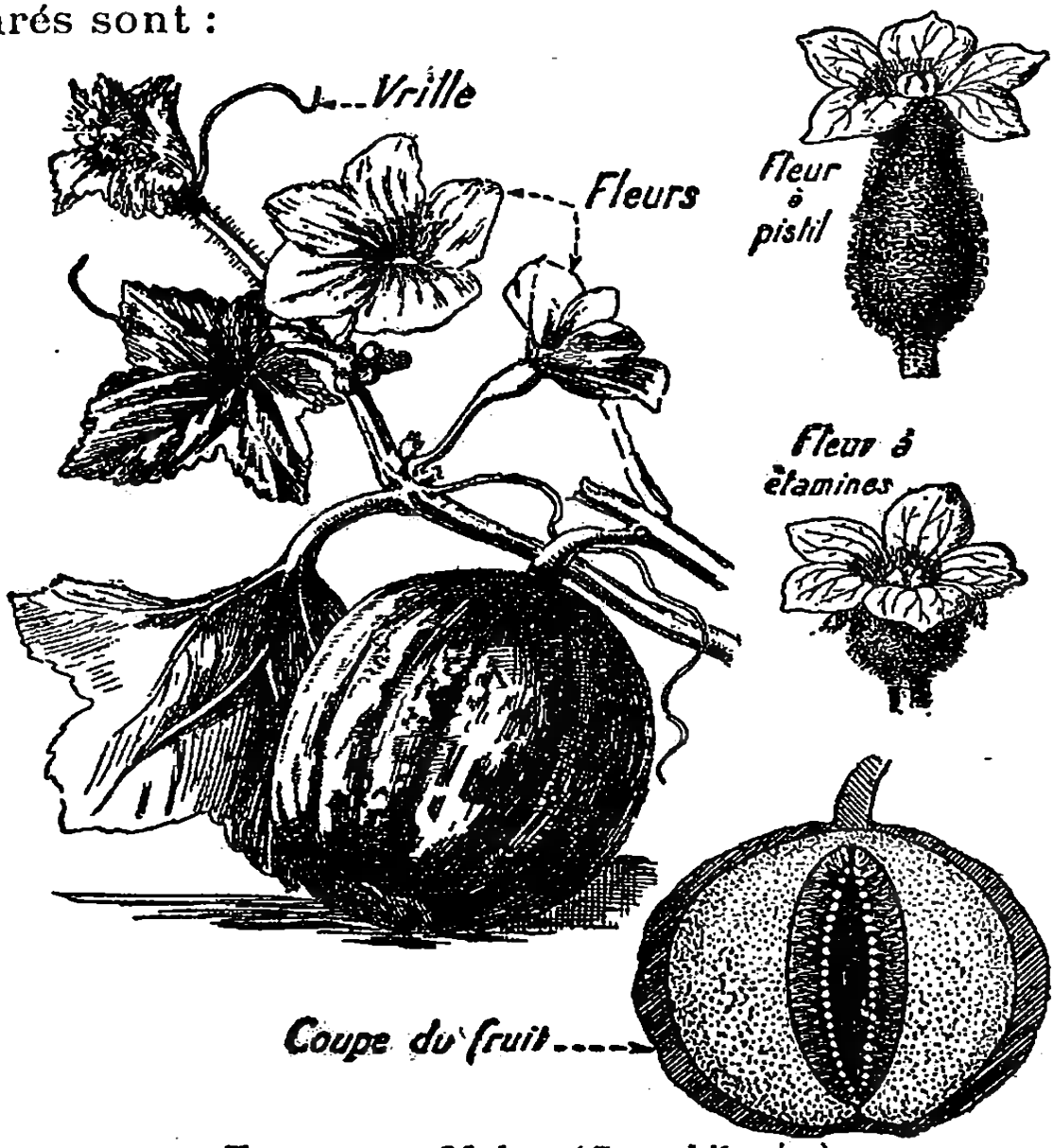


FIG. 207. — Melon (*Cucurbitacées*).

Les **Cucurbitacées** : *Melon* (fig. 207), *Concombre*, *Potiron*.

FIG. 208.
Pavot officinal (*Papavéracées*) — et son fruit coupé verticalement.

Les **Papavéracées** : *Pavot* (fig. 208), *Coquelicot*, *Éclaire*, nom vulgaire de la *Chélidoine*.

B. — DICOTYLÉDONES GAMOPÉTALES

9. — Les principales familles des dicotylédones gamopétales sont :

Les *Solanées*. — Les *Labiées*. — Les *Composées*.

10. Solanées. — Cette famille renferme quelques comestibles : la *Pomme de terre*, dont on mange les

FIG. 209. — Douce-amère (*Solanées*). — Sommité fleurie (grandeur naturelle), *a*, fruit coupé transversalement (grossi).

tubercules souterrains, la *Tomate*, l'*Aubergine* et le *Piment*. Puis des plantes vénéneuses : la *Belladone*, dont le fruit, assez semblable à une petite cerise, peut causer de fort dangereuses méprises ; le *Tabac*, la *Morelle* et la *Douce-amère* (fig. 209).

11. Labiées. — 1. Les fleurs des plantes de cette famille ont la forme de *lèvres ;* les tiges sont carrées ; elles exhalent des odeurs fortes ou agréables utilisées en parfumerie, en médecine et dans l'économie domestique.

Fig. 210. — Lamier blanc (*Labiées*). — Sommité fleurie, 1/2 grandeur, *a*, fleur de profil, grandeur réelle.

2. Tels sont : la *Lavande*, la *Mélisse*, la *Menthe*, le *Romarin*, le *Lierre terrestre*, le *Serpolet*, la *Sauge*, le *Thym*, l'*Ortie blanche* ou *Lamier blanc* (fig. 210).

12. Composées. — 1. Les plantes de cette famille sont dites *Composées*, parce que ce que nous prenons pour leur fleur est en réalité une *réunion de petites fleurs* ou *fleurons* situés sur un même réceptacle ; et ce sont les fleurettes extérieures, dont les corolles très

allongées se sont étalées, qui forment la gracieuse collerette blanche que vous remarquez chez la *Marguerite*. Ainsi tout le cercle jaune de la Marguerite est formé de petites fleurs se touchant toutes ; vous pouvez d'ailleurs le vérifier en regardant ce cercle alors

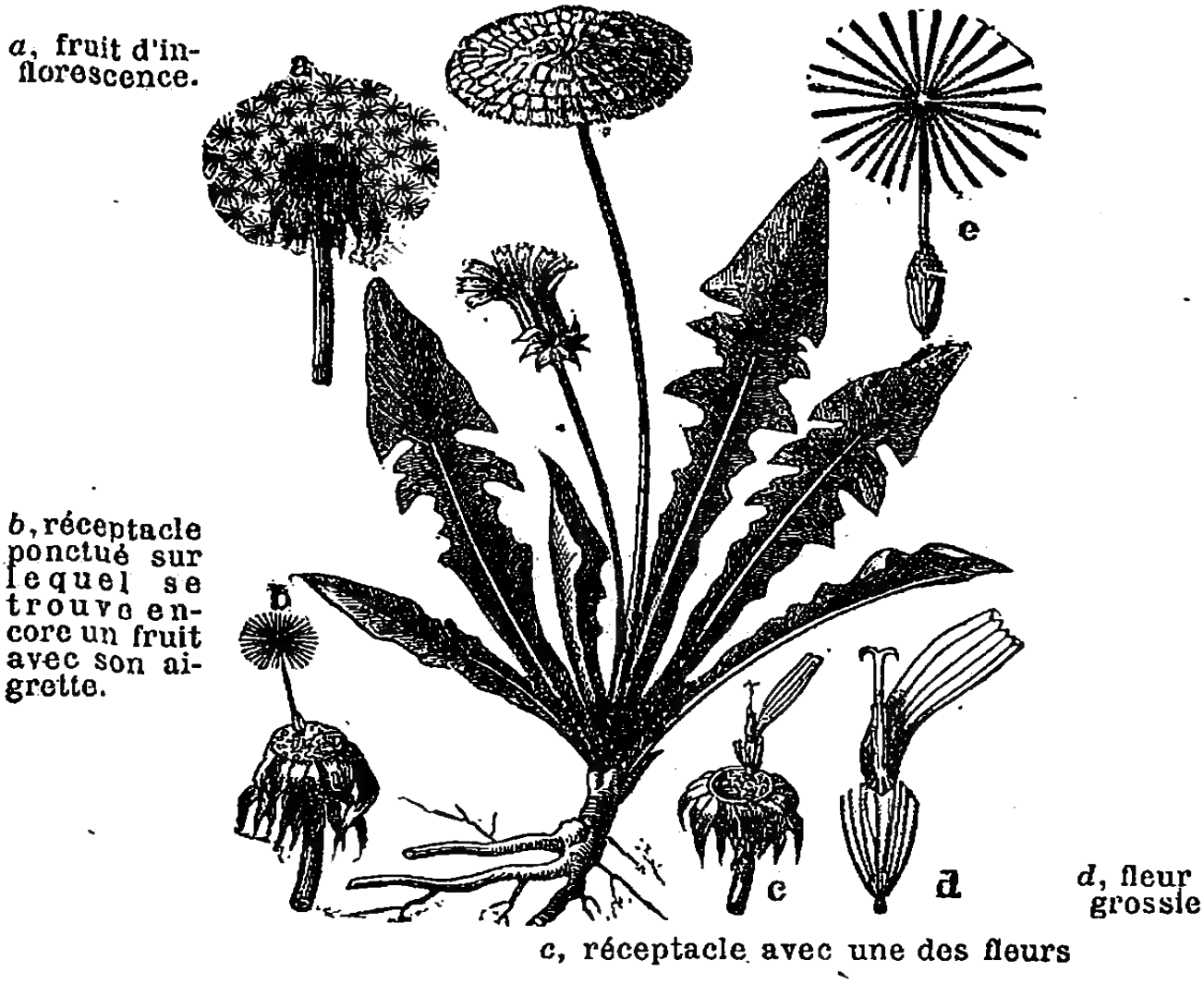


FIG. 211. — Pissenlit, au 1/2 (*Composées*).

que la fleur est un peu avancée, vous trouverez les fleurons épanouis.

2. Dans cette nombreuse famille se rencontrent : les *Marguerites*, les *Chrysanthèmes*, le *Soleil*, le *Dahlia*, la *Camomille*, la *Chicorée*, la *Laitue*, les *Pissenlits* (fig. 211), les *Salsifis*, enfin les *Chardons* et les *Artichauts*, la *Bardane* et la *Centaurée*

C. — DICOTYLÉDONES APÉTALES

13. — Dans ces familles, les fleurs ne sont plus brillantes, puisqu'elles n'ont pas de pétales. On pourrait croire même que les plantes que nous allons nommer n'ont pas de fleurs : mais n'oublions pas que la fleur n'est utilement constituée que par les étamines et le pistil.

14. Amentacées. — Cette famille renferme le plus grand

FIG. 212. — Chêne (*Amentacées*).

nombre des arbres de nos forêts : le *Chêne* (fig. 212), dont l'écorce est utilisée pour le tannage des cuirs ; l'écorce d'une autre espèce de chêne fournit le liège ; le *Peuplier*, le *Charme*, le *Bouleau*, le *Saule*, le *Hêtre*, le *Châtaignier*, le *Noyer*, le *Noisetier*, qui tous fournissent leur bois pour la construction et pour le chauffage.

15. Urticées. — Cette famille a pour type l'*Ortie* (fig. 213), dont les poils aigus inoculent, au contact, un liquide très caustique ; l'*Ortie de Chine* et le *Chanvre*, plantes dont on tisse les fibres des tiges ; de plus, on

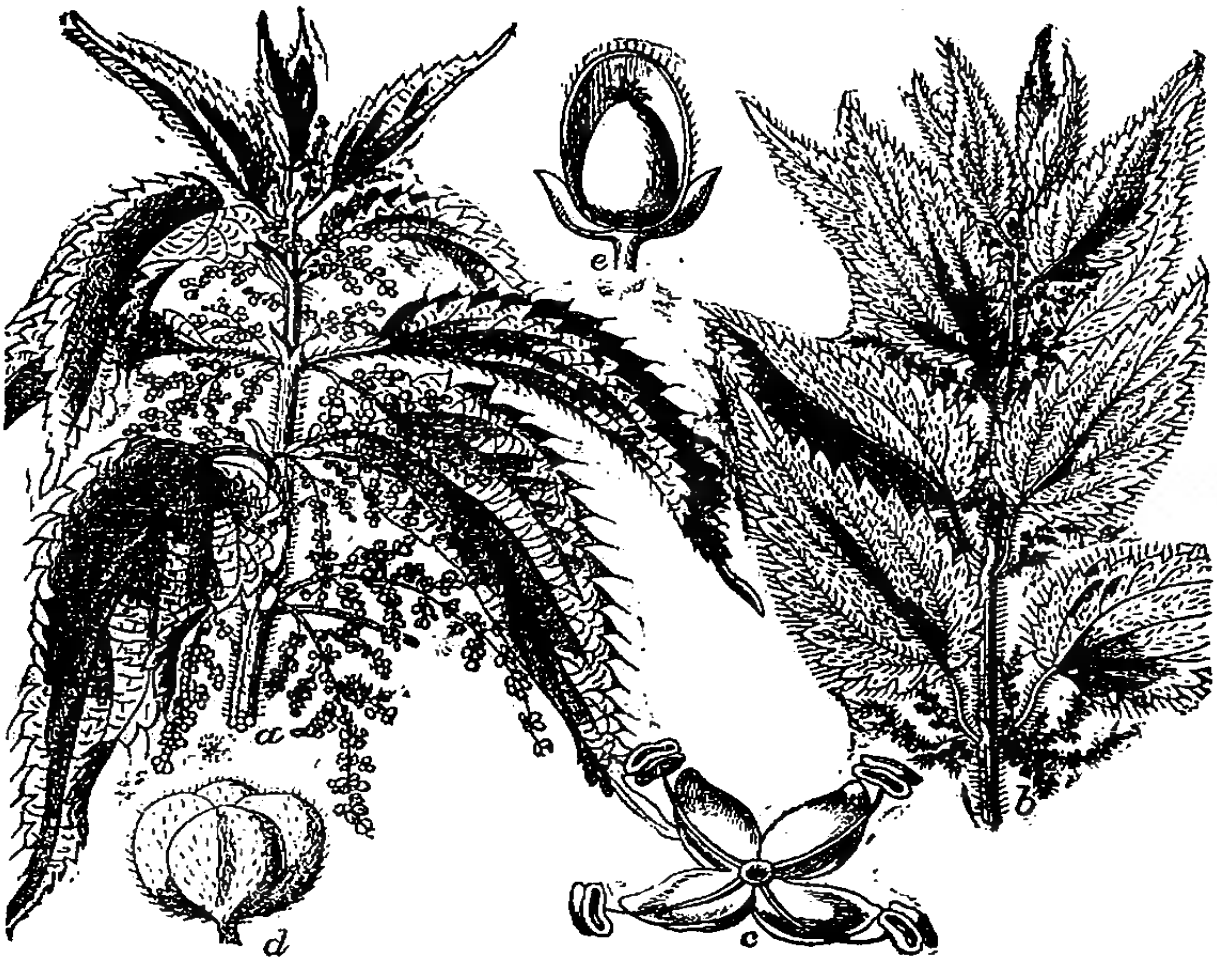


FIG. 213. — Ortie (*Urticées*) ; sommités fleuries, moitié de la grandeur naturelle. — *a*, plante staminée ; *b*, plante pistillée ; *c* fleur staminée ; *d*, fleur pistillée ; *e* fleur pistillée ouverte ; *c*, *d*, *e*, sont très fortement grossis.

extrait de l'huile de la graine du chanvre appelée chènevis ; le *Mûrier*, dont les feuilles servent à la nourriture des vers à soie ; le *Houblon* employé dans la fabrication de la bière ; l'*Orme*.

PHANÉROGAMES GYMNOSPERMES

16. Conifères. — 1. Les fleurs des phanérogrames que nous avons étudiées jusqu'ici ont un ovaire abrité

dans une enveloppe : ce sont des *angiospermes ;* les fleurs des *Conifères* ont un ovaire dépourvu d'enveloppes ; les ovules se montrent nus : ce sont des *gymnospermes.*

FIG. 214. — Épicea commun, au 1/2 (*Conifères*).

Les fleurs des Conifères sont toujours staminées ou pistillées, jamais l'un et l'autre. Ainsi, dans l'épicea commun (fig. 214), le même pied porte des fleurs mâles et des fleurs femelles. C'est une plante monoïque.

Le nom donné aux *Conifères* vient de ce que leurs

fruits ont la forme de *cônes ;* leur feuillage, en forme d'aiguilles, persiste sur l'arbre en toutes saisons, sauf pour les Mélèzes.

2. Tels sont : les *Pins*, dont on retire la résine, la poix, la colophane, les *Sapins*, dont le bois est très employé, les *Cèdres*, le *Genévrier*, le *Cyprès*, l'*If* et le *Mélèze*.

Les tiges de ces Conifères sont généralement résineuses.

RÉSUMÉ

1. Embranchements. — Classes. — Familles. — Les *Dicotylédones* et les *Monocotylédones* sont encore appelées *Phanérogames ;* les *Acotylédones* sont encore nommées *Cryptogames*.

On place dans les mêmes familles les plantes dont les fleurs sont semblables et dont les étamines sont semblablement insérées.

2. Les Dicotylédones sont *dialypétales*, *gamopétales* ou *apétales*.

3-4. Les principales familles des **Dicotylédones dialypétales** sont : les *Rosacées :* Rosier, Poirier, Fraisier ; les *Légumineuses :* Pois, Trèfle, Acacia ; les *Crucifères :* Navet, Colza, Giroflée ; les *Ombellifères :* Carotte, Anis, Ciguë ; les *Cucurbitacées :* Melon, Concombre, Potiron ; les *Papavéracées :* Pavot, Coquelicot, Éclaire.

5-6. Dans les **Dicotylédones gamopétales** nous trouvons : les *Solanées :* Pommes de terre, Belladone, Tabac ; les *Labiées :* Mélisse, Thym, Ortie blanche ; les *Composées :* Marguerite, Chicorée, Artichaut.

7-8. Les **Dicotylédones apétales** comprennent : les *Amentacées :* Chêne, Saule, Noyer ; les *Urticées :* Ortie, Mûrier, Houblon.

Phanérogames gymnospermes. — Les fleurs ont un ovaire dépourvu d'enveloppe : les *Conifères :* Sapin, Cèdre, etc.

Les autres phanérogames sont *angiospermes*, c'est-à-dire que leurs fleurs ont un ovaire pourvu d'enveloppes.

Questionnaire.

1-1. Citez les embranchements du règne végétal. — **2.** Qu'appelle-t-on phanérogames? — Cryptogames? — 3. Comment se subdivisent les embranchements? — 4. Quelles plantes trouve-t-on dans la même famille? — **2.** Comment divise-t-on les dicotylédones? — **3.** Quelles sont les principales familles des dicotylédones polypétales? — **4.** Que savez-vous des rosacées? — **5.** Citez les caractères distinctifs des légumineuses. — 2. Citez quelques légumineuses. — **6-1.** Quels sont les caractères distinctifs des crucifères? — 2. Quelles sont leurs propriétés? — 3. Citez quelques crucifères. — **7.** Que savez-vous des ombellifères? — **8.** Nommez deux autres familles de dicotylédones dialypétales. — **9.** Quelles sont les principales familles de dicotylédones gamopétales? — **10.** Que savez-vous des solanées? — **11-1.** Indiquez les caractères des labiées. — 2. Citez-en quelques-unes. — **12-1.** Signalez les caractères distinctifs des composées. — 2. Citez-en quelques-unes. — **13.** De quoi se composent les dicotylédones apétales? — **14.** Que savez-vous des amentacées? — **15.** Des urticées? **16-1.** Comment se présente l'ovaire dans les conifères? — La fleur y est-elle complète? — D'où vient le nom de conifères? — 2. Citez des conifères.

Rédaction. — Les crucifères. Caractères généraux. Principales espèces de crucifères; leurs usages.

CHAPITRE XXVII

II. — MONOCOTYLÉDONES

1. — 1. Les plantes Monocotylédones ont une tige cylindrique dont le bois n'est pas compact; leurs feuilles ont des nervures parallèles, non ramifiées; elles sont presque toujours rubanées; leurs fleurs sont disposées par trois : elles ont trois ou six pétales; elles sont souvent sans calice.

2. Les principales familles de cet embranchement sont :

Les *Graminées*,
Les *Liliacées*,
Les *Palmiers*,
Les *Orchidacées*.

2. Graminées. — Les plantes de cette famille sont très répandues dans toutes les contrées du globe ; elles fournissent à l'homme et aux animaux domestiques les produits les plus utiles ; nous les nommons *herbes* ou *céréales*.

Les graminées sont des plantes herbacées ; leur tige est longue, creuse, offrant des nœuds saillants d'où partent des feuilles en-

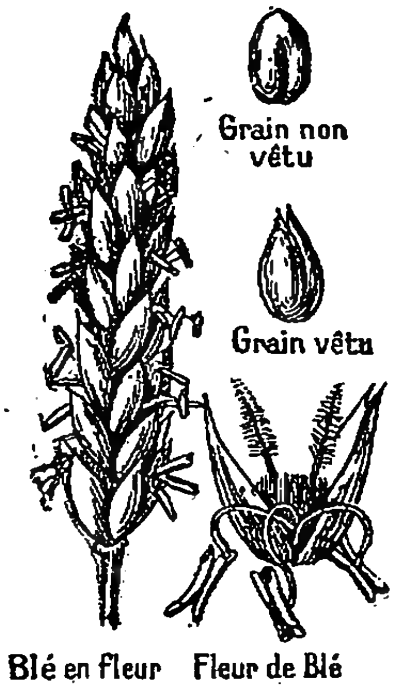


FIG. 215. — Graminées. Épi de blé.

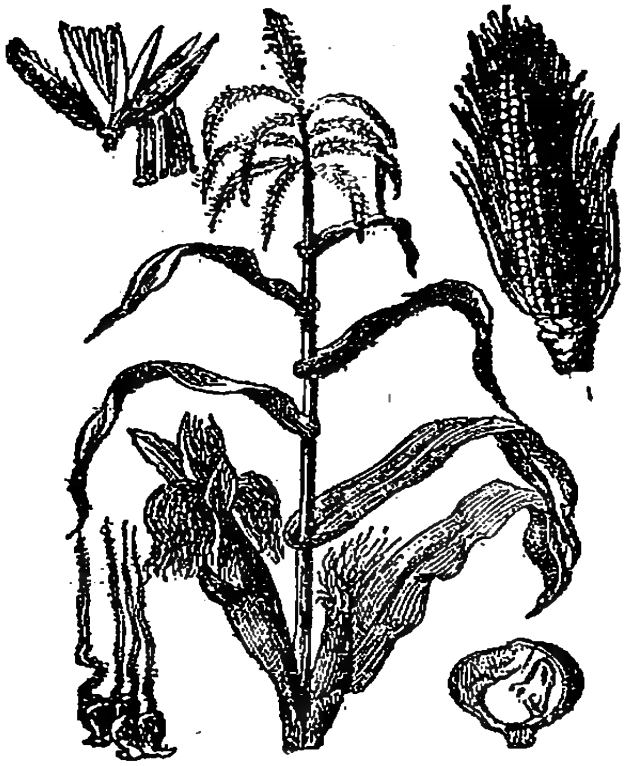


FIG. 216. — Maïs, au 1/4 (*Graminées*). — Au centre, partie supérieure d'une plante fleurie ; à gauche en haut, fleur staminée ; en bas, fleurs pistillées ; à droite, en haut, épi ; en bas, coupe d'un grain de maïs.

gainantes. Les fleurs, sans sépales ni pétales, sont disposées en *épis d'épillets*. Chaque épillet se compose de deux écailles extérieures, appelées *glumes*, au-dessus desquelles se trouvent d'autres écailles, appelées *glumelles* qui souvent se prolongent par de longues crêtes.

Le *Blé* (fig. 215), le *Seigle*, l'*Orge*, l'*Avoine*, le *Maïs* (fig. 216), le *Riz*, la *Canne à sucre*, le *Bambou ;* et enfin toutes les petites espèces fourragères qui couvrent le sol et que nous désignons, d'une façon générale, par *foin*, sont des graminées.

3. Liliacées. — Cette famille a pour type le *Lis* (fig. 217) ; la tige souterraine de ces plantes est un oignon qu'on appelle *bulbe ;* elles sont recherchées les unes en horticulture pour la beauté de leurs fleurs, et les autres dans l'économie domestique comme aliments. Tels sont : le *Lis*, la *Tulipe*, la *Jacinthe*, le *Muguet ;* puis l'*Oignon*, l'*Ail*, le *Poireau*, l'*Échalote*.

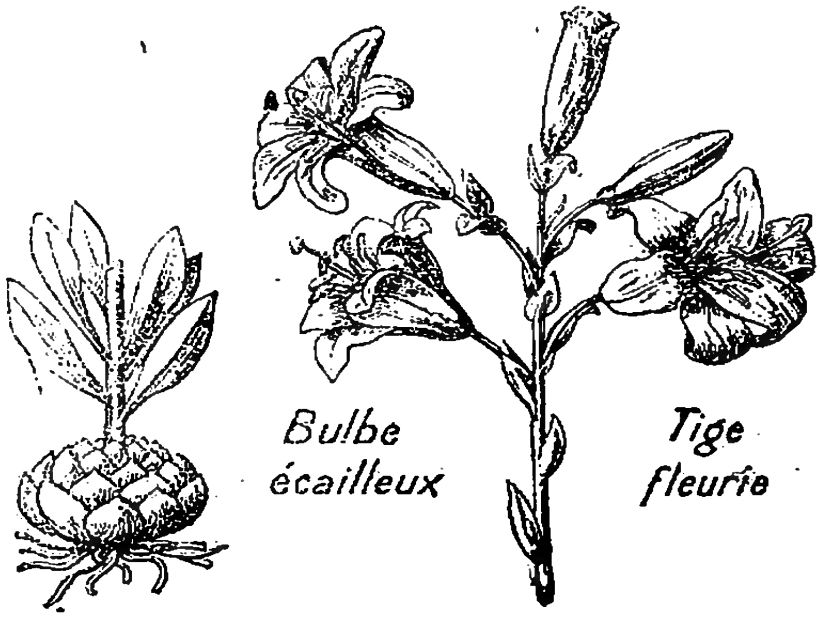


Fig. 217. — Lis (liliacées).

L'*Asperge*, le *Muguet* et le *Petit-houx* appartiennent à une famille voisine de celle des liliacées.

Fig. 218. — Palmier-dattier.

4. Palmiers. — Les végétaux de cette famille vivent peu sous nos climats ; ce sont des monocotylédones ligneux qui ont une longue tige droite, de laquelle s'échappe un bouquet de feuilles. Les principales espèces sont : le *Palmier-dattier* (fig. 218) d'Afrique et d'Arabie, qui fournit les dattes ; le *Chamœrops* ou *Palmier nain*, le *Cocotier*, dont la noix, dite *noix de coco*, sert d'ali-

ment aux habitants de l'Amérique septentrionale et des Indes; le *Cirier* des Andes, un des plus gros arbres du globe, qui fournit une cire végétale.

5. Orchidées. — Les plantes de cette famille sont remarquables par la singularité de leurs fleurs, qui simulent tantôt une mouche, tantôt une araignée, etc.

Fig. 219. — Fleur d'orchis.

Tels sont l'*Orchis* commun des prairies (fig. 219) ; le *Vanilier*, dont le fruit, la vanille, contient une essence aromatique. Le salep, espèce de fécule qui nous vient d'Orient, est tiré des tubercules d'orchis.

Parmi les monocotylédones, on distingue encore les *iridées :* iris, safran, glaïeul; les *amaryllidées :* narcisses, agaves.

III. — ACOTYLÉDONES OU CRYPTOGAMES

6. — Les plantes placées dans cet embranchement, la *Fougère* (fig. 220), la *Mousse*, le *Champignon*, ont peu de ressemblances avec celles que nous venons d'étudier ; elles n'ont *pas de fleurs*, *pas de fruits*, par conséquent, *pas de graines*.

La reproduction des cryptogames se fait par des *spores*, qui prennent naissance dans des cavités appelées *sporanges*. Au moment de la maturité, les sporanges s'ouvrent pour laisser passer la graine qui tombe sur le sol et germe au printemps.

7. Principales familles. — Les principales familles sont : les *Fougères*, les *Mousses*, les *Algues*, les *Champignons* et les *Lichens*.

8. Fougères. — Dans les Fougères, que nous trouvons à l'ombre, dans nos bois, on remarque des feuilles

qui ressemblent à une crosse (fig. 220) avant leur complet développement, une tige rampant sous terre et des racines. C'est sous les feuilles que se développent, à la fin de l'été, les sporanges, sous la forme de taches arrondies brunes.

Les principales espè-

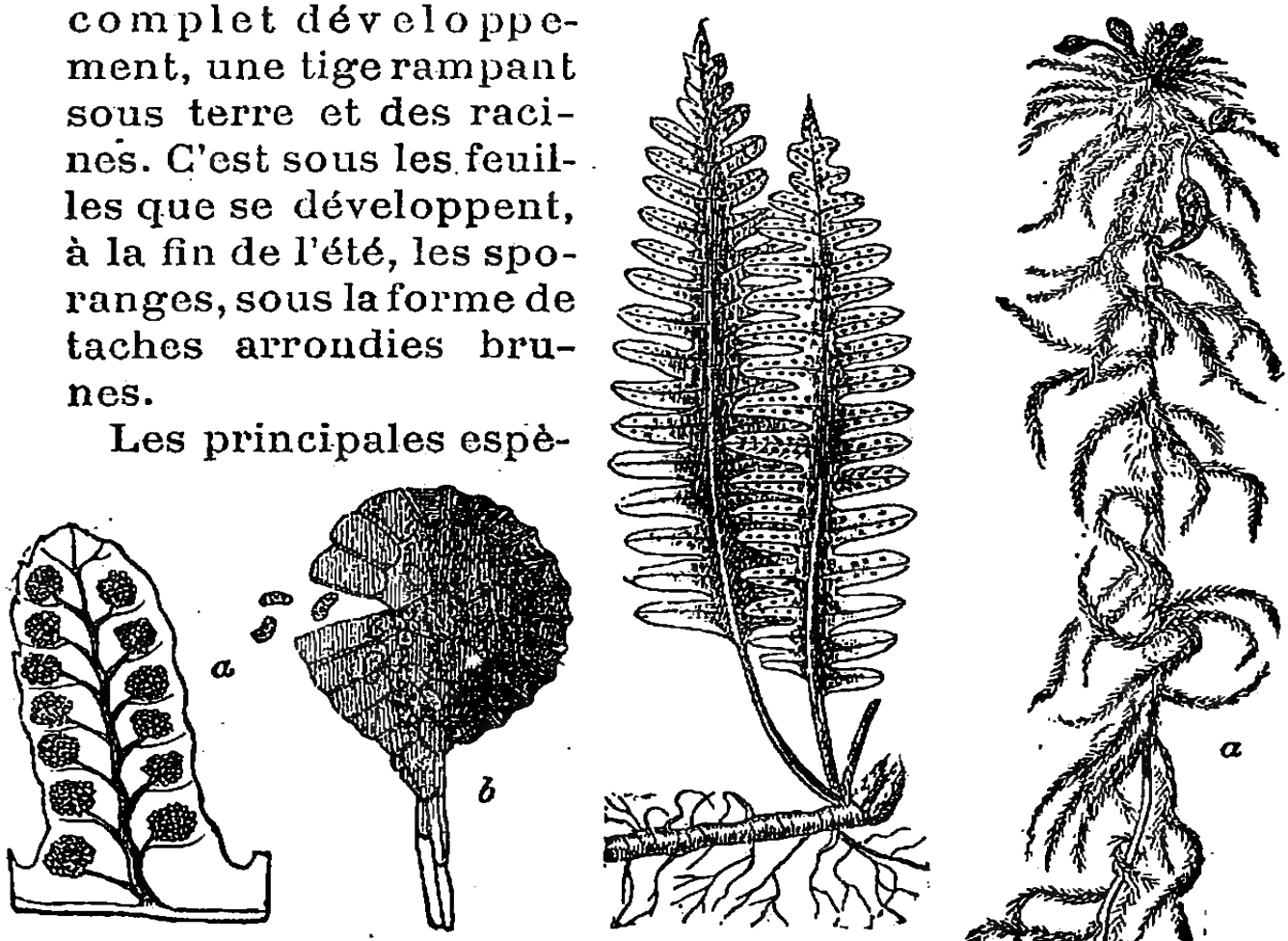


FIG. 220. — Fougères. — A droite la plante entière ; à gauche : *a*, portion de fronde grossie, montrant les sporanges ; *b*, sporange entr'ouverte, très grossie.

FIG. 221. — Frondes de fougère en voie de développement.

ces sont la *fougère commune*, qu'on rencontre dans tous les bois un peu humides ; la *fougère mâle*, qui pousse sur les murs en ruines ; la *capillaire*, utilisée en médecine.

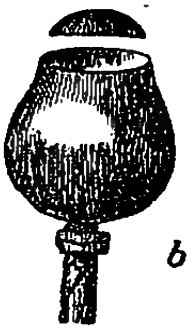
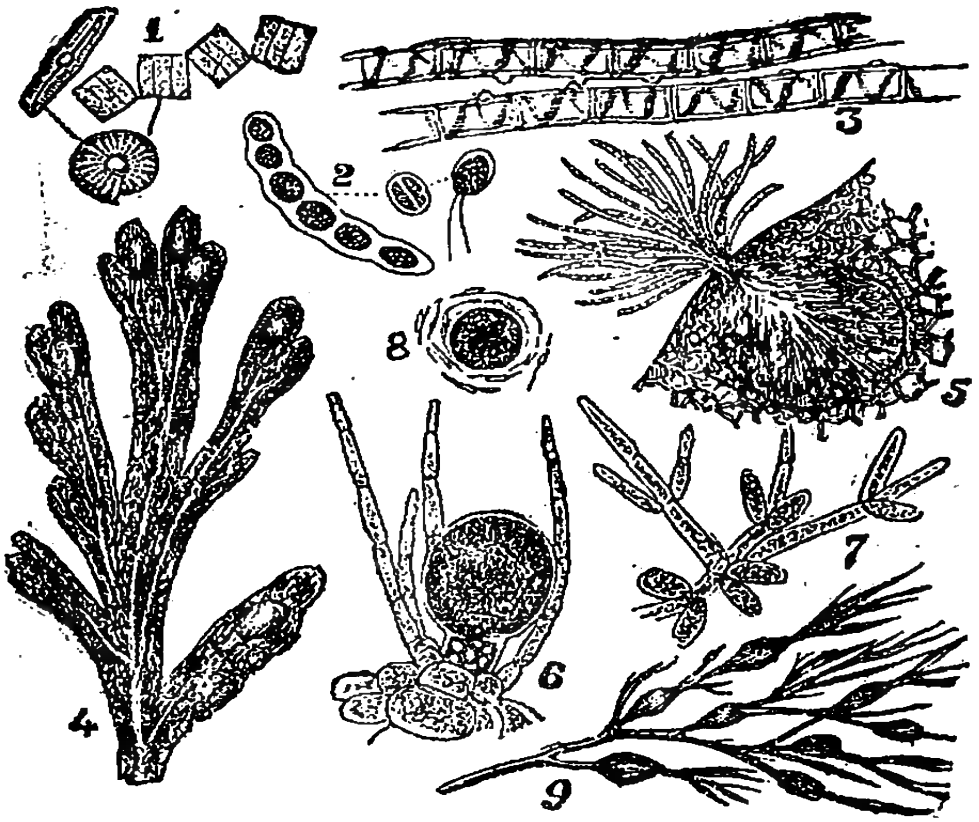


FIG. 222. — Mousse Sphaigne (*Sphaignes*). — *a*, partie supérieure de la plante ; Capsule séparée, très grossie.

9. Mousses. — Chez les Mousses, nous trouvons encore une espèce de tige avec de petites feuilles, mais plus de racines proprement dites ; à peine quelques fils partant de l'espèce de tige souter-

raine. Une petite tige, sans feuilles, renflée à sa partie supérieure, renferme les *spores* très fines, qui s'échapperont à la maturité.

10. Algues. — 1. On trouve dans les eaux, surtout dans la mer, des végétaux possédant des graines de chlorophylle et ayant des formes et des couleurs très curieuses et très variées : depuis le fil très fin, jusqu'aux branchages à nervures très déliées, ou vertes,



1. Diatomacées.
3. Spirogyre.
4. Thalle de fucus.
6. Macrosporange à oosphère du fucus.
7. Anthéridies du fucus.
8. Œuf du fucus.

Fig. 223. — Algues et spores d'algues.

ou rouges, ou brunes; ce sont des Algues. Les plus communes sont les Varechs. Elles servent comme engrais dans les cultures qui avoisinent la mer.

2. Il en est d'autres très petites qui vivent dans les liquides de notre organisme et qui, malgré leur petitesse extrême, sont fort dangereuses ; elles nous causent les terribles maladies contagieuses : choléra, variole, charbon, croup, etc.

11. Champignons. — 1. Les Champignons croissent dans les lieux humides et sombres; ce sont des plantes sans chlorophylle; ils ont des formes très variées,

mais la plus commune est la forme en parasol. Ce végétal n'a pas de feuilles ; quant au pied on ne peut guère

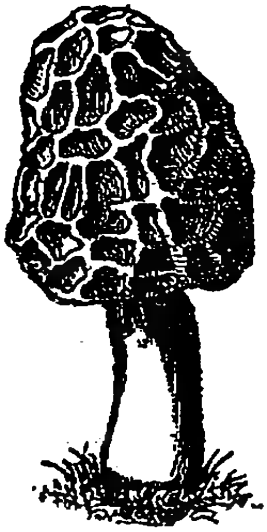


Fig. 224. — Morille.

Fig. 225. — Agaric commun.

lui donner le nom de tige, il n'a ni bourgeons ni feuilles ; de même, on ne peut pas appeler racine le feutre qui se trouve à son pied, car on n'y découvre aucun organe d'absorption. Le Champignon n'a donc ni racines, ni feuilles, ni tige proprement dite. Il croît sur les matières en décomposition ou vit, en parasite, sur les corps des animaux et des végétaux.

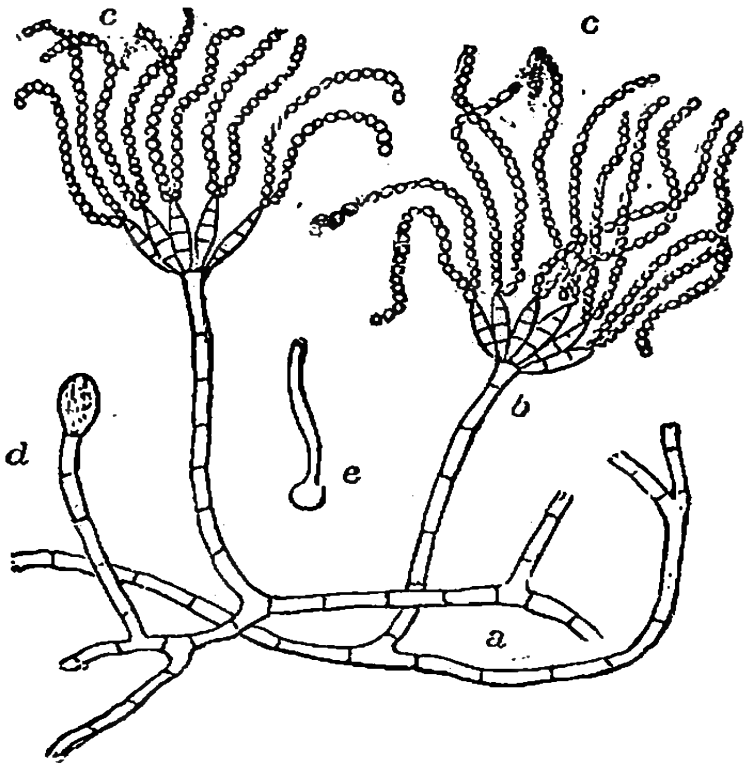


Fig. 226. — *Penicillium* (Moisissure). — C'est la moisissure verte qui pousse sur le pain, etc. (très grossie).

Le champignon se compose ordinairement d'un *pied* qui fixe le végétal au sol et d'un *chapeau* dont le dessus est garni de *feuillets* renfermant les *spores*.

2. Il y a des Champignons comestibles : le *Champignon de couche*, l'*Oronge vraie* de couleur rouge orange, sans taches, les *Bolets*, la *Morille*, semblable à une petite éponge, les *Truffes*, poussant sous terre.

Il en est de fort dangereux; aussi les enfants doivent-ils bien se garder de manger et même de tenir dans les mains les Champignons de nos bois.

3. Il est enfin des Champignons microscopiques formant les *moisissures*, la *levure de bière*, la *mère du vinaigre*, la *teigne*, qui cause une maladie de la peau à la tête, etc.

12. Lichens. — Ici plus de feuilles, plus de tiges, plus de racines; les lichens sont ces plaques jaunâtres, vertes ou blanches que l'on rencontre sur l'écorce des arbres, sur les rochers et sur les vieux murs ; ces membranes n'ont pas de formes déterminées. Un lichen, le *Lichen d'Islande*, sert d'aliment, bien maigre, aux habitants des régions polaires ainsi qu'aux rennes. L'orseille, matière colorante rouge, est extraite d'une espèce de lichen.

Fig. 227. — Lichen d'Islande.

RESUMÉ

1-5. Monocotylédones. — Le deuxième embranchement, celui des **Monocotylédones**, renferme les *Graminées :* Blé, Riz, Bambou; les *Liliacées :* Lis, Oignon, Poireau; les *Palmiers :* Dattiers, Cocotier, Cirier; les *Orchidées*.

6-12. Acotylédones ou **Cryptogames.** — Le troisième embranchement, les *Cryptogames*, renferme les végétaux sans fleurs ; qui se reproduisent à l'aide de poussières nommées *spores*.

Les principales familles **Acotylédonées** sont : les *Fougères ;* les *Mousses ;* les *Algues* de mer et d'eau douce et les *Microbes* du choléra, de la variole et du croup ; les *Champignons :* Agaric ou champignon de couche, Morille; puis

les Champignons microscopiques : Moisissures, Mère du vinaigre, Teigne ; les *Lichens*.

Questionnaire.

1-1. Quels sont les caractères distinctifs des monocotylédones? — 2. Citez les principales familles de monocotylédones. — 2. Qu'avez-vous à dire des graminées? — 3. Des liliacées? — 4. Des palmiers? — 5. Des Orchidées ? — Citez quelques autres plantes monocotylédonées. — 6. Indiquez les caractères distinctifs des cryptogames. — 7. Citez les principales familles des cryptogames. — 8. Que savez-vous des fougères? — 9. Des mousses? — 10. Des algues? — Existe-t-il des algues dans notre organisme ? — 11. Des champignons? — Citez des champignons comestibles. — Des champignons microscopiques. — 12. Que savez-vous sur les lichens?

Rédaction. — Les graminées. — Caractères de cette famille. — Espèces les plus importantes ; leurs usages.

RÈGNE VÉGÉTAL

TABLEAU RÉCAPITULATIF ET SYNOPTIQUE

PHANÉROGAMES (à fleurs).

ANGIOSPERMES.	DICOTYLÉDONES.	Polypétales.	*Rosacées.*	Rose.
			Légumineuses.	Haricot.
			Crucifères.	Chou.
			Ombellifères.	Carotte.
			Cucurbitacées.	Melon.
			Papavéracées.	Pavot.
		Gamopétales.	*Solanées.*	Tabac.
			Labiées.	Sauge.
			Composées.	Marguerite.
		Apétales.	*Amentacées.*	Noisetier.
			Urticées.	Ortie.
	MONOCOTYLÉDONES.	Épi.	*Graminées.*	Blé.
		Oignon.	*Liliacées.*	Lis.
		Stipe.	*Palmiers.*	Cocotier.
			Orchidées.	Orchis.
GYMNOSPERMES :			*Conifères.*	Pin.

CRYPTOGAMES (sans fleurs).

ACOTYLÉDONES :	*Fougères.*
	Mousses.
	Algues.
	Champignons.
	Lichens.

CHAPITRE XXVIII

VÉGÉTAUX UTILES — VÉGÉTAUX NUISIBLES

I. — VÉGÉTAUX UTILES

1. Les végétaux servent à *notre alimentation* et à l'*alimentation de nos animaux domestiques;* certains possèdent des *propriétés médicinales* précieuses pour notre santé ; d'autres fournissent à l'*industrie* des matériaux appréciés pour les *constructions*, l'*ameublement*, le *chauffage*, la *confection des tissus*, la *teinture*, etc.

2. **Plantes alimentaires.** — 1. Les plantes alimentaires sont celles qui servent à notre nourriture soit indirectement, comme les *céréales;* soit directement comme les pois, les pommes de terre, etc.

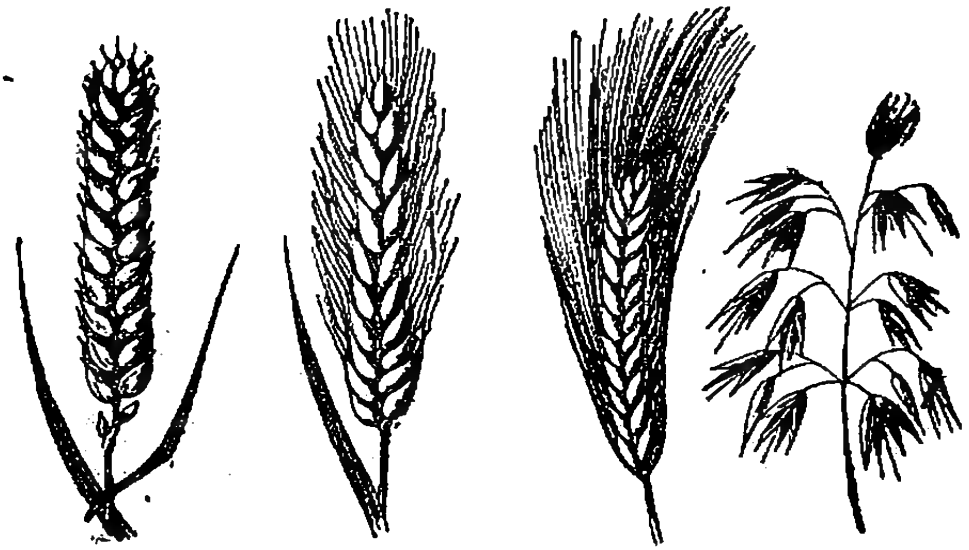
Les Céréales sont le *Froment*, le *Seigle*, l'*Orge*, l'*Avoine*, le *Maïs*, le *Sarrazin*.

2. Le *Froment* comprend plusieurs variétés : les unes se sèment à l'automne, les autres au printemps ; les blés d'automne sont plus productifs et de meilleure qualité. Le froment demande un sol riche et meuble, préalablement entretenu et fumé. Du blé on tire, par la mouture, le son et la farine dont on fait le pain. Un hectare de bonne terre fournit en moyenne 18 à 20 hectolitres de blé; par des soins et des engrais, on peut obtenir plus.

3. Le *Seigle* est moins exigeant que le blé ; on le voit pousser dans une terre pauvre et aride, il est très rustique ; il mûrit avant le froment. Le pain qu'on fait avec la farine de seigle est noir et d'une saveur légèrement aigrelette, il est rafraîchissant mais peu nourrissant.

4. L'*Orge* convient à tous les climats, même aux climats froids ; dans le département du Nord, elle est surtout employée à la fabrication de la bière. Le pain qu'on obtient avec sa farine est lourd et médiocrement nourrissant.

5. L'*Avoine* croît sur tous les sols; elle ne craint pas la sécheresse et se contente d'un terrain médiocrement préparé. Elle est surtout employée à la nourriture des



Blé. Seigle. Orge. Avoine.

FIG. 228. — Les Céréales.

chevaux ; cependant sa farine sert à la confection du pain dans certaine partie de la Scandinavie et de l'Écosse; elle sert, partout, à confectionner des bouillies riches en éléments nutritifs et d'une digestion facile.

6. Le *Maïs* n'est cultivé pour son grain que dans le Midi de la France ; sa farine, comme celle de l'avoine, est très appréciée dans une alimentation légère et saine ; partout ailleurs, les tiges et les fanes du maïs constituent en vert et en sec une excellente plante fourragère.

7. Le *Sarrazin* se plaît surtout dans le climat humide et tiède de la Bretagne : un terrain siliceux lui convient parfaitement. Dans le Midi, il peut être semé après la récolte du blé et fournir ainsi une récolte double. En Bretagne, on le sème vers le 15 juin, pour

le récolter vers le 15 août. Sa culture demande fort peu de soins. Avec sa farine on fabrique des galettes, surtout consommées en Bretagne.

8. Parmi les autres plantes alimentaires, il faut citer les *Pois*, les *Haricots*, les *Lentilles*, les *Pommes de terre*, les *Topinambours*.

9. Les *Pois*, les *Haricots* et les *Lentilles* se sèment par rangées ou par pots ; les pois et les haricots se mangent verts ou secs ; certaines gousses de haricots

Fig. 229 — Haricot nain

Fig. 230. — Pommes de terre.

se mangent également vertes avant le développement complet de la graine.

10. La *Pomme de terre*, dont les principales variétés sont la jaune *Parmentière*, la *Violette*, la grosse *Rohan*, la *Hollande jaune*, se plante au printemps et se récolte à l'automne lorsque les fanes sont desséchées. Il suffit, pour la reproduire, de mettre en terre un fragment de pomme de terre pourvu d'un œil. Des sarclages et des binages sont seuls nécessaires pendant la végétation.

11. Le *Topinambour* produit beaucoup, même dans un terrain médiocre ; c'est une plante vivace, surtout employée comme plante fourragère. Le tubercule de topinambour est aussi nourrissant que la pomme de terre ; on l'apprécie cependant peu comme aliment ; il sert parfois à la nourriture des porcs.

12. Viennent en second lieu les plantes dont on mange les TIGES SOUTERRAINES et les RACINES : la *Carotte*, le *Navet* (fig. 231), le *Salsifis*, le *Radis*, l'*Oignon*, l'*Ail*, l'*Échalote*, le *Poireau*.

Navet. Carotte.
FIG. 231. — Les racines.

13. D'autres plantes ont leurs TIGES ou leurs FEUILLES comestibles, tels l'*Asperge*, dont on mange les jeunes tiges; le *Chou* (fig. 232), l'*Oseille*, les *Épinards*, le *Céleri*, toutes les *salades : Laitue*, *Chicorée*, *Cresson*, etc.; le *Persil*, le *Cerfeuil*.

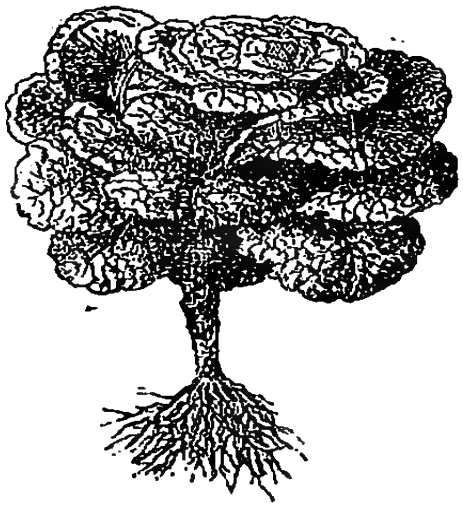


FIG. 232. — Chou.

14. Chez un très grand nombre de plantes, ce sont les FRUITS qui sont comestibles : tels les *Melons*, les *Tomates* et tous les fruits de nos arbres dits *fruitiers : Amandiers*, *Abricotiers*,

Pomme. Poire. Cerises. Prunes. Raisin.
FIG. 233. — Les Fruits.

Pêchers, *Cerisiers*, *Pruniers*, etc., dont les fruits sont à *noyau ; Poiriers*, *Pommiers*, *Vignes*, dont les fruits sont à *pépins*.

3. Plantes fourragères. — 1. Les plantes fourragères sont celles dont les tiges vertes ou sèches sont employées à la nourriture des animaux ; elles proviennent ou des *prairies naturelles*, ou des *prairies artificielles*.

2. Les *Prairies naturelles* sont celles dans lesquelles un grand nombre d'espèces fourragères ont naturellement poussé; on les rencontre surtout dans les lieux frais ; elles peuvent cependant être étendues ou même complètement créées par l'homme. On les appelle *pâturages*, lorsque leurs herbes sont consommées sur place et qu'on ne les fauche pas.

FIG. 234. — Graminées de l'herbe (Prairies naturelles.)

3. Les *Prairies artificielles* sont formées de *Luzerne*, de *Sainfoin*, de *Trèfle*

Trèfle. Sainfoin. Luzerne.

FIG. 235. — Prairies artificielles.

(fig. 235) ou de *Vesce*. C'est un excellent repos pour un sol dont les prairies artificielles accroissent la fertilité.

4. La *Luzerne*, qui vient à peu près partout, préfère cependant un terrain riche et profond ; elle est alors très productive et donne 2, 3 ou même 4 coupes par an. Le *Sainfoin* croît dans les terrains secs, calcaires et pierreux ; c'est un excellent fourrage, mais il donne ra-

rement plus d'une coupe. Le *Trèfle* se contente de terrains peu riches ; ses principales espèces sont le trèfle rouge, le trèfle incarnat et le trèfle blanc. Le trèfle, donné en vert aux bestiaux, est susceptible de leur causer la *météorisation* ou gonflement du ventre, qu'on guérit en faisant absorber de l'ammoniaque à l'animal malade.

4. **Plantes médicinales.** — De très nombreuses plantes sont employées comme *médicaments*, pour leurs graines, leurs racines, leurs tiges, leurs feuilles, leurs fleurs ou leurs fruits.

1. Avec les GRAINES de la *Moutarde* (crucifère) on fait des sinapismes ; avec celles du *Lin*, on fait des cataplasmes ; de la capsule du *Pavot* on fait une infusion calmante ; c'est aussi d'elle qu'on extrait l'*Opium*, le violent poison des Orientaux. De la graine du *Ricin* on extrait une huile purgative.

FIG. 236. — La Mauve. (Plantes médicinales.)

2. La RACINE de *Rhubarbe* est purgative.

3. De l'ÉCORCE du *Quinquina*, originaire de l'Amérique du Sud, on extrait la quinine, usitée comme fébrifuge.

4. Pour leurs FLEURS, on utilise : la *Mauve* (fig. 236), la *Guimauve*, la *Bourrache*, qui fournissent des tisanes adoucissantes ; la *Mélisse*, la *Menthe*, la *Sauge* (famille des labiées) qui sont cordiales et aromatiques ; la *Camomille* (famille des composées) qui fait une tisane très bonne pour les maladies d'estomac ; l'*Arnica* qui est vulnéraire ; le *Sureau* qui est sudorifique et le *Tilleul* qui est calmant.

5. **Plantes industrielles.** — Des industries diverses tirent leurs matières premières des végétaux.

1. *Plantes textiles.* — On trouve dans certaines tiges des filaments résistants susceptibles d'être roulés

en fils avec lesquels on tisse des étoffes appréciées; tels, dans notre pays, le *Chanvre* et le *Lin* (fig. 237), qui fournissent la toile.

Dans le nord de l'Afrique, et d'ailleurs dans tous les pays chauds, on peut cultiver le *Cotonnier* dont les

FIG. 237. — Lin et Chanvre. (Textiles.)

FIG. 238. — Garance. (Tinctoriale.)

Plantes industrielles.

graines sont munies de longs poils qui, filés et tissés, fournissent de saines et belles étoffes.

2. *Plantes tinctoriales.* — Les teintures sont de moins en moins demandées aux végétaux depuis que la chimie est parvenue à les tirer presque toutes des matières minérales. La teinture jaune est encore extraite des stigmates des fleurs de *Safran*. La racine de la *Garance* (fig. 238) fournit une belle couleur rouge. De la feuille de l'*Indigotier* on tire une couleur bleu indigo, etc.

3. *Plantes oléifères.* — 1. Les huiles comestibles sont extraites du fruit de l'*Olivier*, de la graine de l'œillette, du fruit de la faîne, du hêtre, du *Noyer* et des graines de l'*Arachide*, plante herbacée annuelle, importée d'Amérique et cultivée dans le Midi de la

France. Les huiles d'éclairage sont tirées du *Colza* (fig. 239). La graine de *Lin* donne une huile surtout utilisée pour la peinture.

Fig. 239. — Colza. (Oléagineuse.)

4. *Plantes à sucre.* — 1. C'est surtout de la *Betterave* qu'on extrait le sucre qui constitue une part si importante de notre alimentation. On la cultive en grande quantité dans le Nord de la France.

2. Dans l'Amérique centrale on cultive un bambou très haut, la *Canne à sucre*, dont les tiges, écrasées, laissent échapper un jus sucré, riche en sucre, appelé *sucre de canne*.

5. *Plantes à parfums.* — De la *Rose*, du *Jasmin*, de la *Menthe*, de la *Mélisse*, de la *Lavande*, on tire des essences parfumées.

6. *Arbres forestiers.* — 1. On utilise le bois des arbres des forêts, *Chêne*, *Hêtre*, *Châtaignier*, *Merisier*, *Noyer*, soit pour le chauffage, soit pour la charpente, la menuiserie ou l'ébénisterie.

2. Des bois résineux, le *Pin*, le *Sapin*, on extrait en outre la résine.

II. — VÉGÉTAUX NUISIBLES

6. — Les végétaux nous sont nuisibles, ou bien parce qu'ils renferment des substances *vénéneuses*, ou bien parce qu'ils vivent en*parasi tes* aux dépens d'autres végétaux utiles.

7. Plantes vénéneuses. — 1. Les principales plantes vénéneuses de nos climats sont presque toutes de la famille des *Renonculacées*, dont le principal type est le *Bouton d'or*. Ce sont l'*Aconit*, les *Anémones*, la *Belladone*, dont le fruit, très semblable à une petite cerise, est un poison violent, puis le *Datura*, le *Laurier cerise*, la *Digitale*, la *Ciguë*, très semblable au persil et dont il faut bien se garder de mâcher les feuilles.

2. Les *Champignons vénéneux* ressemblent tant aux champignons comestibles qu'ils causent chaque année de très nombreux empoisonnements. Aussi est-il très prudent de ne manger que ceux qui sont ramassés par des gens qui savent nettement reconnaître les espèces comestibles.

Fig. 240. — Champignons vénéneux.
3. Bolet chrysanthème. — 4. Agaric verruqueux.
5. Amonite fuligineux.

8. **Plantes parasites.** — 1. Les plantes parasites les plus nuisibles sont le *Gui*, qu'on ne doit jamais tolérer sur les arbres fruitiers, dont il absorbe la majeure partie de la sève ; la *Cuscute*, qui se développe sur les racines du trèfle et de la luzerne; les *Moisissures*, champignons qui produisent les maladies connues sous le nom d'*oïdium* et de *mildiou* sur la vigne ; la maladie des pommes de terre et des tomates, la *carie* du blé, l'*ergot* du seigle, etc.

2. Le cultivateur et le jardinier doivent également faire la chasse aux plantes inutiles qui épuisent le sol et gênent l'accroissement des plantes utiles : tels le *Chiendent*, le *Chardon*, le *Bleuet*, le *Coquelicot*, etc., dont il faut se débarrasser par des binages fréquents.

RÉSUMÉ

1. **Végétaux utiles.** — Les végétaux utiles sont : *alimentaires*, *médicinaux*, *industriels*.

2. **Plantes alimentaires.** — Les plantes alimentaires sont : le blé, le seigle, l'avoine, le maïs, le sarrazin, les pois, les haricots, les pommes de terre, le topinambour, les radis, les carottes, les navets, les salsifis, les choux, les épinards, les salades, les pommes, les pêches, etc.

3. Plantes fourragères. — Les plantes fourragères sont : le trèfle, le sainfoin, la luzerne, la vesce, le maïs, le sarrazin.

4. Plantes médicinales. — Les principales plantes médicinales sont : le lin, le quinquina, la mauve, la mélisse, le tilleul, la moutarde, le pavot, le ricin, la rhubarbe.

5. Plantes industrielles. — Les plantes industrielles sont : les *plantes textiles :* lin, chanvre, coton; les *plantes tinctoriales :* safran, garance ; les *plantes oléifères :* olive, colza, lin; les *plantes à sucre :* betterave, canne à sucre; les *plantes à parfums :* mélisse, rose ; les *arbres forestiers :* chêne, hêtre, sapin.

6. Végétaux nuisibles. — Les végétaux nuisibles sont *vénéneux* ou *parasites.*

7. Plantes vénéneuses. — Les *végétaux vénéneux* sont : l'aconit, les anémones, la belladone et de nombreux champignons.

8. Plantes parasites. — Les *plantes parasites* sont : le gui, les moisissures, la cuscute, le chiendent, le chardon.

Questionnaire.

1. A quoi servent les plantes ? — **2-1.** Citez les principales céréales — 2. Que savez-vous du froment? — 3. Qu'avez-vous à dire du seigle? — 4. De l'orge? — 5. De l'avoine? — 6. Du maïs ? — 7. Du sarrazin? — 8. Nommez d'autres plantes alimentaires. — 9. Parlez des pois, des haricots, des lentilles. — 10. De la pomme de terre. — 11. Du topinambour. — 12. Citez des tiges souterraines, des racines comestibles. — 13. Des tiges et des feuilles comestibles. — **3-1.** D'où viennent les plantes fourragères? — 2. Que savez-vous des prairies naturelles? — 3. Des prairies artificielles? — 4. Parlez des plantes poussant dans les prairies artificielles. — **4-1.** Citez des graines médicinales. — 2. Une racine purgative. — 3. D'où vient la quinine ? — 4. Nommez des fleurs médicinales. — **5-1.** Qu'appelle-t-on plantes industrielles? — Nommez des plantes textiles de notre pays. — Des pays chauds. — 2. Citez des plantes tinctoriales. — 3. Quelques plantes oléifères. — 4. Indiquez une plante à sucre de nos pays. — 2. De l'Amérique. — 5. Quelques plantes à parfums. — 6. Parlez des arbres forestiers et de leurs usages. — D'où tire-t-on la résine ? — **6.** Comment les végétaux peuvent-ils nous nuire ? — **7-1.** Citez des plantes vénéneuses — 2. Parlez des champignons vénéneux. — **8-1.** Nommez des plantes parasites. — 2. Citez des plantes inutiles.

Rédaction. — Les céréales. — Indiquer les caractères de chacune d'elles. — Leurs usages.

RÈGNE MINÉRAL

CHAPITRE XXIX

FORMATION DE LA TERRE

1. — Il nous reste à étudier le règne minéral, c'est-à-dire des matières brutes, inertes, privées de sensibilité, de vie et de mouvement qu'on trouve à la surface du sol ou dans les profondeurs de la terre.

Avant de commencer cette étude, il ne sera pas inutile de connaître comment s'est formée notre planète et d'assister à la genèse des matériaux et des substances qui la constituent.

2. Hypothèse sur la formation de la terre. — L'hypothèse la plus généralement admise aujourd'hui est celle de Laplace, qui donne à la Terre et à toutes les planètes qui gravitent autour de notre Soleil une origine commune.

Le Soleil était primitivement une *masse de gaz*, occupant un espace beaucoup plus considérable encore que celui qui est compris entre notre Soleil actuel et Neptune, la planète connue la plus éloignée du centre solaire. L'inégale densité des gaz qui composaient cette vaste *nébuleuse* produisit des *mouvements* qui eurent pour résultante de réunir au centre les gaz les plus lourds, et d'attirer vers ce centre les parties les plus lointaines.

Cette chute lente des gaz dans le voisinage du centre

dut produire un mouvement général qui entraîna la masse entière, dans une *rotation* continue.

A mesure que ce volume gazeux se condensait, par suite du rayonnement de sa chaleur vers les espaces célestes, son volume diminuait en même temps que sa vitesse de rotation s'accélérait (c'est une loi générale de mécanique).

En tournant, cette masse gazeuse s'aplatit aux pôles, se renfla à l'équateur, et cette forme alla s'accentuant de plus en plus à mesure que s'accéléra la rotation. L'aplatissement devint bientôt tel qu'un anneau gazeux se détacha de la masse principale, s'en sépara nettement et continua à tourner en même temps qu'elle.

L'anneau lui-même subit une condensation qui le transforma en une sphère, forme naturelle de tout fluide libre. Celle-ci continua à graviter autour de sa mère, notre Soleil, toujours dans le plan de son équateur : nous avons ainsi assisté à la naissance de la planète *Neptune*.

Le Soleil, allégé de la masse de Neptune, continua sa condensation et l'accélération de son mouvement ; alors se détachèrent de son équateur, les uns après les autres, les anneaux qui formeront *Uranus*, *Saturne*, *Jupiter*, les *Astéroïdes*, *Mars*, la *Terre*, *Vénus* et *Mercure*.

Toutes ces planètes, de Neptune à Mercure, constituent le système solaire ; elles se meuvent toutes autour du Soleil, et toutes dans un même plan, qui est celui de l'équateur du Soleil.

Ces planètes elles-mêmes, détachées du Soleil, prenant d'abord la forme sphérique, mais s'aplatissant avec leur rotation, laissèrent échapper des anneaux que la condensation réunit en globes, désignés sous le nom de *satellites* de la planète.

Ainsi la Terre, qui s'est détachée de la nébuleuse solaire quand la rotation de cette nébuleuse autour d'elle-même se faisait en 365 jours, continue à tourner autour du Soleil en 365 jours, tout en tournant sur elle-même. Puis à son tour, notre planète a laissé

échapper de son équateur un anneau qui a formé la *Lune*, au moment où la Terre possédait un mouvement de rotation qui s'effectuait en 27 jours 7 heures ; et la Lune continue à graviter dans le plan de l'équateur

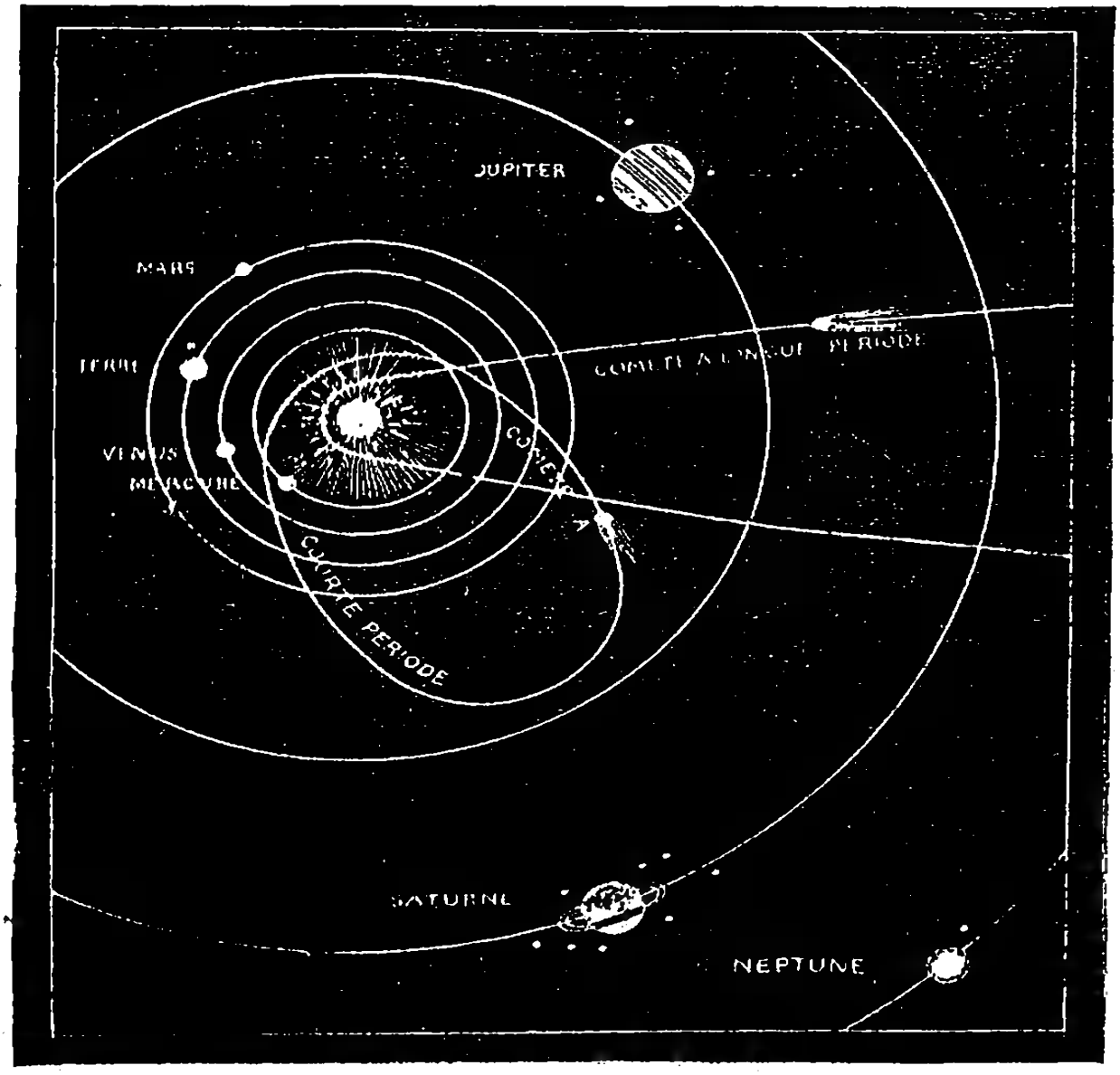


Fig. 241. — Système solaire.

terrestre, en faisant un tour complet autour de la Terre en 27 jours 7 heures.

3. La Terre. — Nous venons d'assister à la formation de notre Terre, une parcelle du Soleil. Mais quelle Terre ! Tous nos éléments connus, surchauffés à une telle température qu'ils sont des gaz !

Lentement, la nébuleuse terrestre se refroidit, passa

de l'état gazeux à l'état liquide, puis pâteux, puis enfin solide. Mais avec quelle lenteur cette modification se produisit-elle ? Notre imagination ne peut le concevoir, et compter par millions de siècles ne serait pas exagérer.

A mesure que décroît la température de la nébuleuse terrestre s'éveillent les affinités chimiques, et dès lors se produisent des corps composés gazeux. Pendant des milliers de siècles, le globe, toujours à l'état gazeux, roule dans l'espace, immense laboratoire chimique ambulant.

Puis la condensation de ces vapeurs nous fait bientôt concevoir un déluge sans cesse renaissant de laves fondues se précipitant vers le centre en cataractes de feu ; alors apparaît un premier noyau liquide, formé des matières les moins réfractaires à la liquéfaction. Ce noyau liquide grossit lentement, toujours accru des pluies de métaux fondus ; il finit par acquérir un volume peu différent de celui de notre Terre actuelle, toujours enveloppé d'une atmosphère brûlante où l'eau est inconnue pour longtemps encore.

La Terre est alors une boule de fonte de tous métaux liquides, boule toujours aplatie aux pôles, renflée à l'équateur, puisqu'elle tourne sur elle-même.

Puis apparaissent par places, vers les pôles, des pellicules solides qui gagnent peu à peu en étendue, jusqu'à envelopper le globe tout entier. Mais cette écorce solide et peu épaisse est bien longtemps soumise à de rudes épreuves : l'ardente fournaise qui bouillonne, et sur laquelle elle surnage, subit d'immenses soubresauts qui, sans cesse, déchirent cette espèce d'écume de fonte et la recouvre de ses laves.

Peu à peu, l'écorce s'épaissit et résiste mieux aux bouillonnements de la mer de feu qu'elle emprisonne de toutes parts ; quelques endroits seulement de sa surface se déchirent pour servir de soupape à cette immense chaudière. La Terre perd alors sa lumière propre, et sa chaleur interne influe de moins en moins

sur la température de sa surface : elle va devoir lumière et chaleur au globe toujours incandescent, le Soleil, qui seul maintenant la réchauffera et l'éclairera.

Le liquide central, constamment en ébullition, réagit toujours contre son enveloppe solide, qu'il boursoufle ou déchire, produisant ainsi nos continents, avec des dépressions préparant le lit des mers, des surélévations, charpente des volcans vomissant la lave.

Lorsque la température se fut abaissée au-dessous de celle de la vaporisation de l'eau, celle-ci se précipita sur le sol qui la maintint longtemps bouillante encore, jusqu'à ce que, moins chaude, elle put recouvrir, sur une épaisseur variable suivant le relief de son fond, la totalité du globe.

On ne voit alors sur la Terre de cette époque qu'une immense nappe d'eau chaude, sans continents, qui repose sur la roche solidifiée, souvent secouée par de grandioses soubresauts de matières ignées.

4. Apparition de la vie. — Maintenant seulement peut apparaître la Vie. Des *cellules*, combinaisons à demi-fluides du carbone, à peine végétales, cessant cependant d'être minérales, sont les premiers essais de la vie. Puis, les cellules se réunissent pour former des filaments flottants, sortes d'algues errantes au milieu de l'océan. Enfin, apparaissent les premiers animaux à l'organisation toute rudimentaire, espèces assez semblables aux rayonnés de nos jours : coraux, méduses, mollusques élémentaires.

Peu à peu, le globe perd de sa rudesse, l'eau diminue de volume avec sa température ; quelques continents émergent alors ; la vie se perfectionne ; les êtres se multiplient et s'éloignent de plus en plus des espèces primitives, acquièrent des organes d'abord imparfaits, puis de plus en plus perfectionnés.

Les eaux déposent peu à peu les boues qu'elles tiennent en suspension sur les roches solidement établies, et c'est alors que commence la formation de cette longue série de couches sédimentaires stratifiées qui

se continue de nos jours. Chaque couche de sédiments emprisonnant avec elle les êtres qui ont vécu à cette époque et que nous appelons des *fossiles* fournit à l'histoire du monde terrestre des documents aussi dignes de foi, sur la succession des végétaux et des animaux qui peuplaient la Terre à ces différentes époques, que si l'homme avait assisté à toutes leurs transformations.

Ainsi, prenant pour point de départ la roche qui sert de charpente à la Terre et sur la nature de laquelle nous n'avons pas une connaissance complète, chaque couche de *terrain* sédimentaire a reçu un nom particulier ; puis, on a pu grouper plusieurs terrains suivant leur date de formation et constituer des *époques* ou *périodes*, en lesquelles on subdivise le temps qui s'est écoulé depuis le moment où a apparu le premier être, jusqu'à la création de l'homme.

RÉDACTION. — La terre : hypothèses touchant son origine ; ses transformations accessoires jusqu'à l'apparition, à sa surface, des premiers êtres animés.

CHAPITRE XXX

CHALEUR INTÉRIEURE. VOLCANS. TREMBLEMENTS DE TERRE

1. Composition du globe terrestre. — Le globe terrestre est composé d'un *noyau* intérieur formé d'une masse de matières en fusion, et d'une *enveloppe* faite de roches diverses.

2. Chaleur intérieure. — A mesure qu'on descend dans un puits de mine, on constate une élévation progressive de température; les roches qu'on rencontre sont de plus en plus chaudes. La température des couches terrestres paraît s'élever de 1° par 33 mètres de profondeur; elle atteint ainsi 3.000° à une profondeur de 100 kilomètres. A cette température, aucun corps solide ne saurait résister à la fusion.

L'écorce terrestre ne peut donc avoir une épaisseur dépassant 100 kilomètres. Aussi est-il aisé d'admettre que les mouvements violents de la masse interne contre une enveloppe relativement faible, puisqu'elle ne représente guère que 1/70 du rayon total de la terre, la défoncent et la déchirent.

3. Les volcans. — Un volcan est un déchirement de l'écorce terrestre, à travers laquelle s'échappent avec force des *vapeurs*, des *gaz*, des *matières fondues*, des *roches* même.

Les matières lourdes vomies par les volcans retombent autour de l'ouverture d'où elles sont sorties, s'y entassent et déterminent une montagne conique de plus en plus élevée, percée à son sommet d'une cavité en forme d'entonnoir appelée *cratère*, communiquant avec le feu intérieur au moyen d'un conduit tortueux,

une cheminée dont on ne saurait mesurer la profondeur.

4. Éruptions. — L'activité de la plupart des volcans est très variable. Il y a de longues périodes de calme, de repos ; il y a, à des moments plus ou moins éloignés les uns des au-autres, de courtes périodes d'*activité intense*, de véritables *éruptions*. Une éruption s'annonce quelques instants auparavant par des grondements souterrains, des secousses répétées ; puis le volcan projette avec une force immense des fumées épaisses chargées de vapeur d'eau, de gaz divers et de poussières qui obscurcissent le ciel, en même temps que des matières en fusion qui s'élèvent à des hauteurs considérables, puis retombent et coulent le long de la pente de la montagne et s'étendent dans la vallée en nappes de *laves* brûlantes.

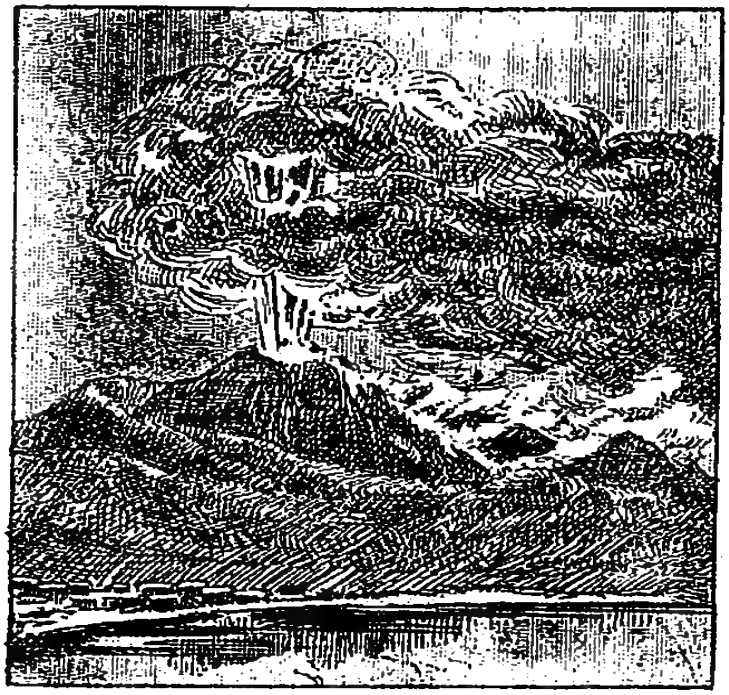


Fig. 242. — Le Vésuve en éruption.

Ces phénomènes de désolation, d'épouvante et de destruction durent généralement peu ; l'éruption s'apaise vite ; les masses projetées changent d'aspect et de nature ; aux flots de laves incandescentes succèdent des nuages de vapeur d'eau et de cendres qui s'abattent en pluies épaisses et recouvrent le voisinage d'une couche de boue parfois de plusieurs mètres d'épaisseur.

5. Cause des éruptions. — L'énorme quantité de vapeur d'eau rejetée par les volcans en éruption fait admettre la présence d'une communication directe ou indirecte du noyau terrestre avec la mer. Tous les

volcans en activité sont en effet à proximité des côtes, sinon dans les îles, en pleine mer. Les volcans d'Auvergne, quand ils étaient en activité, ne faisaient pas exception, puisque l'Océan occupait tout le bassin de la Loire, baignant ainsi le pied du Massif Central.

Une cause quelconque, une infiltration dont l'origine échappe, met en contact avec le feu intérieur une grosse masse d'eau, et le phénomène se produit aussitôt. L'énorme quantité de vapeur d'eau produite presse de tous côtés, secoue l'écorce terrestre et se précipite au dehors par la bouche ouverte du cratère, soulevant et entraînant avec elle la matière en fusion ainsi que les roches qu'elle détache des parois. La vapeur d'eau épuisée, l'éruption cesse.

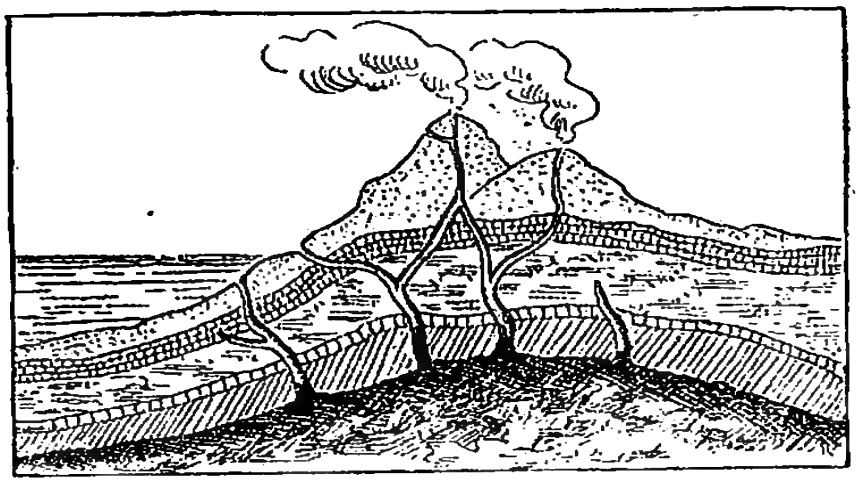


Fig. 243 — Figure théorique d'un volcan situé près de la mer montrant la communication du noyau terrestre avec la mer.

Rien ne saurait faire prévoir le retour des éruptions volcaniques ; les mouvements du feu intérieur du globe ne peuvent pas être calculés.

C'est ainsi que le Vésuve, qui semblait éteint, entra subitement en éruption en l'an 29 et ensevelit en quelques heures trois grandes villes et leur population : Pompéï, Herculanum et Stabies. Depuis il ne cessa d'être en activité; on compta, à des intervalles très irréguliers, des éruptions plus ou moins puissantes; en avril 1906, il s'en produisit une d'une violence extrême, qui menaça d'engloutir, sous une épaisse couche de laves incandescentes, les villes environnantes.

En 1902, le Mont Pelé, à la Martinique, dont l'activité

jusqu'alors paraissait faible, projeta tout à coup et pendant plusieurs jours, avec des cendres brûlantes, des gaz délétères qui empoisonnèrent une population de plus de 40.000 habitants.

En France, se trouvent plusieurs volcans éteints dans le massif central. La visite de ces monts, qu'on appelle des *puys*, est curieuse, et l'exploration de leurs cratères morts est pleine d'intérêt.

6. Les tremblements de terre. — Les tremblements de terre sont dus à la pression qu'exercent, à certains moments, sur la paroi interne de l'écorce terrestre, soit la masse en ébullition qu'elle renferme, soit la masse de gaz qu'elle recèle et qui cherche à se créer une issue. Ce sont parfois des secousses violentes, des oscillations du sol assez fortes pour renverser les édifices, engloutir, en quelques secondes, sous des ruines, des populations entières.

En 1755, le 1er novembre, la ville de Lisbonne fut, en six secondes, presque entièrement détruite et perdit près de 40.000 personnes.

San-Francisco, en 1907, fut également le théâtre d'un phénomène semblable ; en quelques instants, les principaux édifices de la ville furent renversés et de nombreux habitants moururent écrasés.

7. Autres phénomènes. — En dehors de ces mouvements brusques, l'écorce terrestre est soumise à des influences internes, à des poussées qui occasionnent lentement des soulèvements ou des affaissements du sol. Ainsi, on constate en France que l'Artois et la Flandre s'exhaussent, tandis que le Calvados et la Bretagne s'affaissent. Cet affaissement des côtes bretonnes explique l'envahissement du rivage par la mer ; ainsi les îles de Jersey et d'Aurigny, qui, au moyen âge, n'étaient séparées de la terre que par un canal étroit, en sont éloignées aujourd'hui de plusieurs kilomètres.

Les *geysers* (fig. 244), ou jets d'eau bouillants, qu'on remarque en Islande, ont la même origine que les volcans. On peut aussi ranger dans le même genre de phé-

nomènes : les *solfatares* qui rejettent des vapeurs donnant naissance à des dépôts de soufre, et aussi les dégagements singuliers de *gaz carbonique* qui se produisent au fond de certains cratères éteints.

Fig. 244. — Un geyser d'Islande.

RÉSUMÉ

1. Composition du globe terrestre. — Le globe terrestre est composé d'un noyau intérieur en fusion et d'une enveloppe solide ;

2. Chaleur intérieure. — La chaleur va en augmentant, à mesure qu'on descend dans les profondeurs de la terre ; elle croît environ d'un degré par 33 mètres. L'écorce terrestre ne saurait avoir plus de 100 kilomètres d'épaisseur, à peu près le 1/70 du rayon terrestre ;

3. Les volcans. — Un volcan est une déchirure de l'écorce terrestre, à travers laquelle s'échappent des gaz, des vapeurs, des matières en fusion et des roches.

Ces matières, en se déposant autour de l'ouverture, forment une montagne conique, percée en haut d'une cavité, en forme d'entonnoir, appelée *cratère*. Le fond du cratère communique avec le feu intérieur ;

4. Éruptions. — Il y a éruption quand le volcan vomit avec force. L'éruption est annoncée par des grondements, des secousses ; elle dure peu et se termine généralement par une pluie épaisse de cendres humides ;

5. Cause des éruptions. — L'éruption volcanique paraît due à une énorme quantité d'eau de la mer mise en contact avec le feu intérieur. La masse de vapeurs formée se précipite à travers les cratères entraînant avec elle matières fondues et roches.

Rien ne saurait faire prévoir le retour des éruptions volcaniques.

On cite les éruptions du Vésuve de l'an 79 et de 1906 ;

celle du Mont Pelé en 1902. Le Massif Central est formé de nombreux volcans éteints, de *puys*.

6. Tremblements de terre. — Les tremblements de terre sont dus à la pression de la masse intérieure en ébullition sur les parois de l'écorce terrestre : tremblement de terre de Lisbonne, en 1755; de San-Francisco, en 1907.

7. Autres phénomènes. — Les mouvements du noyau intérieur produisent en outre des affaissements ou des relèvements du sol. Les *geysers*, les *solfatares*, les dégagements d'acide carbonique au fond de certains cratères éteints ont la même origine que les volcans.

Questionnaire.

1. Comment est composé le globe terrestre? — **2.** Que constate-t-on à mesure qu'on descend dans un puits de mine? — **3.** Quelle doit être environ l'épaisseur de l'écorce terrestre? — **4.** Qu'est-ce qu'un volcan? — **5.** Comment se forme le mont? — **6.** Qu'appelle-t-on cratère? — **7.** L'activité d'un volcan est-elle toujours la même? — **8.** Quand est-ce qu'il y a éruption? — **9.** Comment une éruption s'annonce-t-elle? — **10.** Comment se manifeste-t-elle? — **11.** Comment se termine-t-elle généralement? — **12.** A quoi attribue-t-on les éruptions volcaniques? — **13.** Peut-on prévoir le retour des éruptions volcaniques? — **14.** Citer quelques éruptions historiques. — **15.** Qu'est-ce qu'un puy? — **16.** A quoi sont dus les tremblements de terre? — **17.** Quels en sont les effets? — **18.** Citer quelques autres phénomènes attribués aux mouvements du noyau terrestre. — **19.** Qu'est-ce que les geysers? les solfatares?

Rédaction. Décrire un volcan en éruption. Indiquer l'hypothèse de l'origine des volcans.

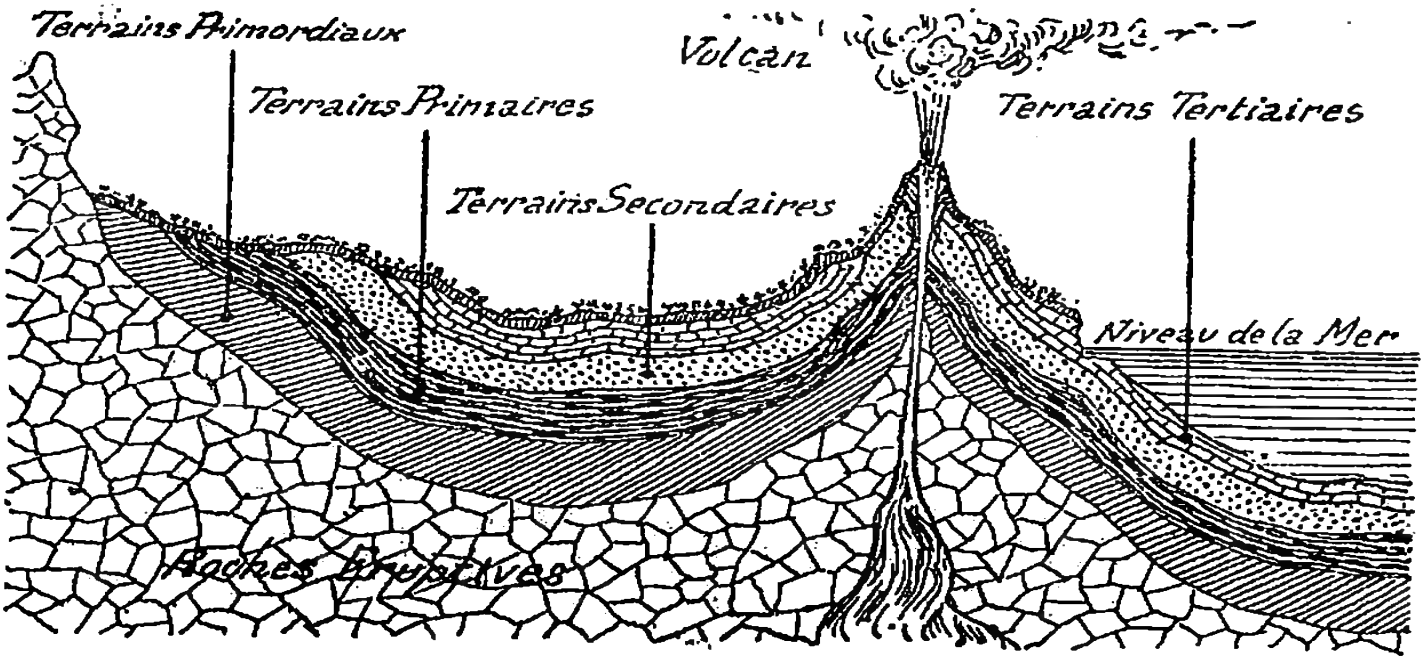


FIG. 245. — L'écorce terrestre : les divers terrains.

CHAPITRE XXX

CLASSIFICATION DES TERRAINS

1. Les terrains. — De même qu'on a classé les roches, selon leur origine, en deux catégories : les *roches ignées* et les *roches sédimentaires*, on a partagé les *terrains*, composés de ces roches et constituant l'écorce terrestre, en deux mêmes catégories : les *terrains ignés* et les *terrains sédimentaires*.

2. Terrains primitifs. — Les terrains ignés forment l'enveloppe immédiate du feu intérieur : ils proviennent de la solidification de la partie superficielle du globe en fusion : ce sont les TERRAINS PRIMITIFS faits de *gneiss* et de *micaschiste*, et aussi de coulées de *porphyre* résultant de la cristallisation des laves vomies par les premiers volcans qui déchirèrent la mince enveloppe terrestre.

On ne distingue dans les terrains primitifs aucune trace d'animaux ou de végétaux. Toute vie était impossible sous une telle température.

Les terrains primitifs, en France, composent le

Fig. 246. — Paysage de l'époque houillère.

Massif Central, les monts de *Bretagne* et des *Vosges*, ainsi que les sommets des *Pyrénées* et des *Alpes*.

3. Classification des terrains sédimentaires. — Sur l'enveloppe des terrains ignés, se sont amassées progressivement des couches de *terrains sédimentaires* déposées par les eaux; ces *couches*, par endroits, ont été soulevées, traversées par des éruptions volcaniques très fréquentes en ces époques primitives.

Les terrains sédimentaires ont été répartis en quatre groupes correspondant à quatre périodes de formation de l'écorce terrestre :

1° Les terrains primaires;
2° Les terrains secondaires;
3° Les terrains tertiaires;
4° Les terrains quaternaires.

4. Terrains primaires. — Les terrains primaires

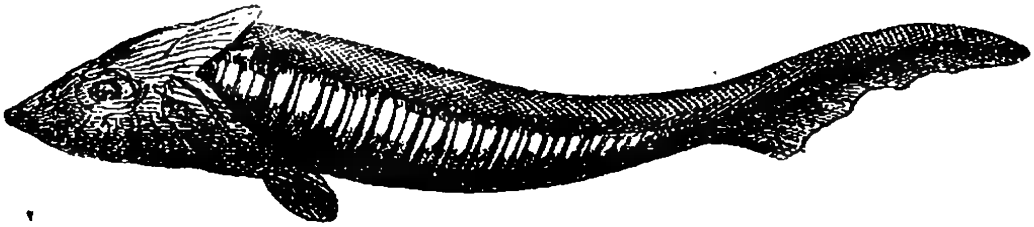


FIG. 247. — Céphalopsis.— Poisson de l'époque primaire.

reposent immédiatement sur des terrains primitifs; ils sont formés de couches superposées de *grès durs*, de *schistes argileux* qui fournissent les *ardoises*, de calcaires parmi lesquels on rencontre des filons de *marbre*, et de la *houille* qui a fait donner à cet étage supérieur des terrains primaires le nom de terrains *carbonifères*.

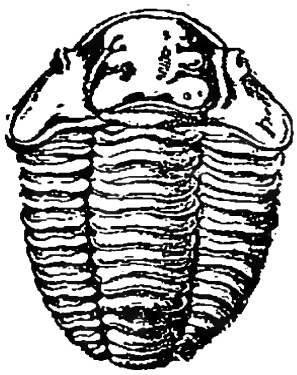


FIG. 248. — Trilobite. — Crustacé de l'époque primaire.

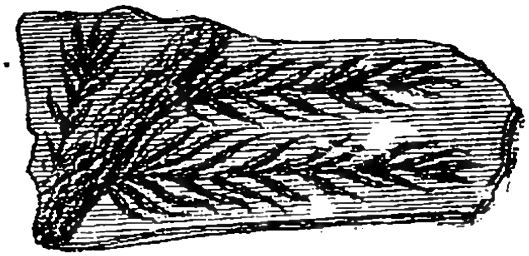


FIG. 249. — Empreintes de fougères fossiles.

La vie est possible dans la période primaire; on y

trouve certains crustacés (les *trilobites*), quelques mollusques et plusieurs genres de poissons; les terrains carbonifères présentent des empreintes de *lépidoptères* et de *coléoptères* de grande taille, et quelques fossiles de *reptiles*.

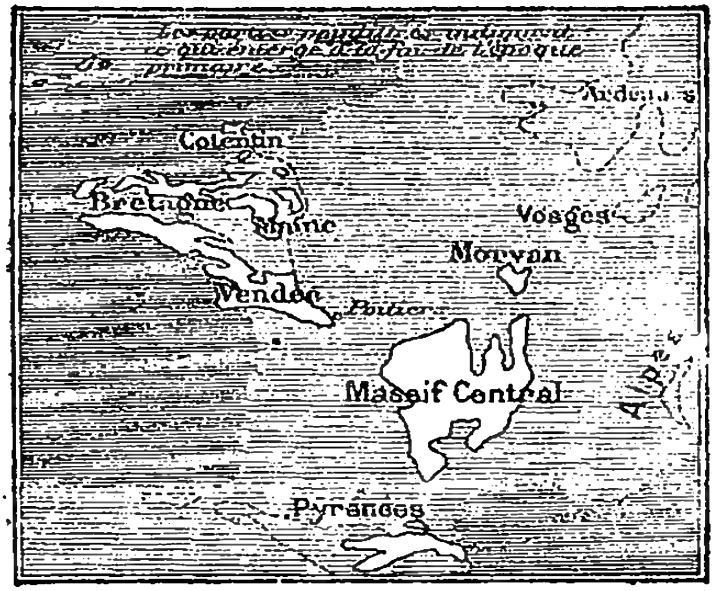


FIG. 250. — La France à l'époque primaire.

Les espèces de végétaux sont peu nombreuses; elles appartiennent surtout aux *cryptogames*. Ce sont des *fougères*, des *prêles* gigantesques, qui atteignent la dimension de grands arbres et dont on observe dans la houille les empreintes originales.

Les terrains primaires, en France, recouvrent la base des terrains primitifs, au *Massif Central*, en *Bretagne*, dans les *Alpes* et les *Pyrénées*. Ce sont presque toujours des terrains riches en *gisements houillers*.

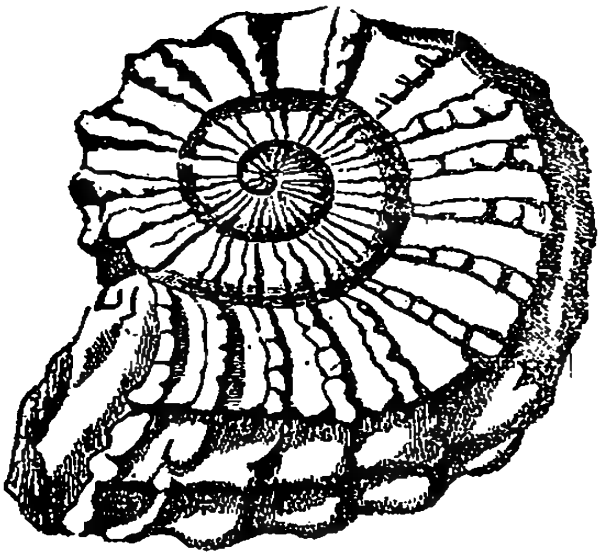


FIG. 251. — Ammonite de l'époque secondaire.

5. Terrains secondaires. — Les terrains secondaires recouvrent immédiatement les terrains primaires; ils sont composés de *grès colorés*, de *calcaires coquilliers*, de *marnes* avec des filons de *gypse* et de *sel gemme*, de couches alternatives d'*argile* et de *calcaire* (terrains *jurassiques*); puis, à la partie supérieure, d'une couche épaisse de *craie*, qui a fait donner à ces terrains le nom de terrains *crétacés*.

La vie, à cette époque, se manifeste plus intense. De

grands sauriens (*ichtyosaure, plésiosaure*) peuplent les marécages; l'un d'eux, le *ptérodactyle*, muni d'ailes,

Plésiosaure. Ichtyosaure.

Fig. 252. — Reptiles de l'époque secondaire.

peut s'élever dans les airs. Il y a quelques *oiseaux* et divers *mammifères* du genre *marsupiaux* et les *mollus-*

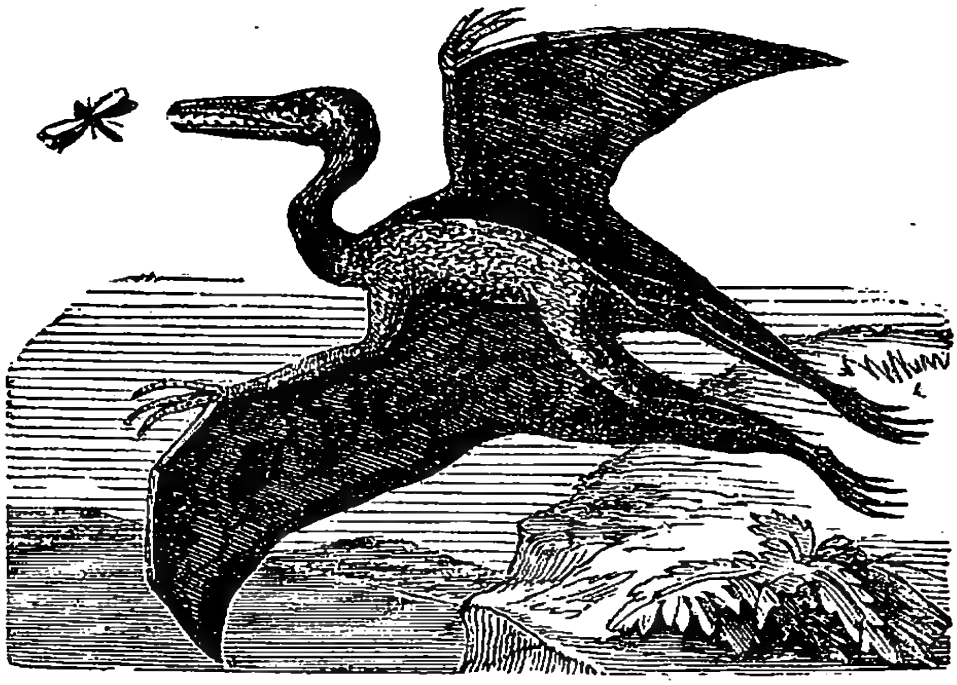


Fig. 253 — Le Ptérodactyle. — Époque secondaire.

ques d'une espèce particulière (ammonite et bélemnite).

Des *conifères* et des *cycladées* couvrent les flancs des montagnes.

Les terrains secondaires comblèrent le fond des mers qui recouvraient à ce moment le sol qui forme aujourd'hui la France, et ils limitèrent étroitement les trois golfes de *Paris*, d'*Aquitaine* et du *Rhône*.

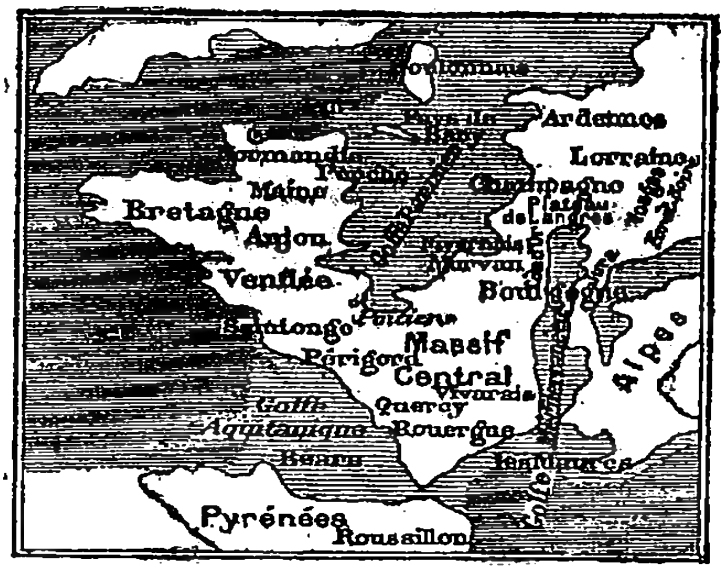


Fig. 254. — La France à l'époque secondaire.

6. Terrains tertiaires. — Les terrains tertiaires achevèrent l'œuvre des terrains secondaires; les trois golfes furent comblés complètement, et la France eut l'étendue qu'elle a aujourd'hui. La période tertiaire fut fertile en *éruptions volcaniques;* les terrains de cette période sont, en plusieurs endroits, traversés par des roches éruptives, tels que les *trachytes* et les *basaltes* d'Auvergne.

Les terrains tertiaires sont formés de trois couches

Fig. 255. — Le Dinothérium. — Époque tertiaire.

superposées, composées chacune, en quantité différente, de *sable*, d'*argile* et de *calcaire*.

Les reptiles de l'époque précédente ont disparu; ils sont remplacés par des mammifères dont la

structure se rapproche de celle de nos animaux actuels : le *paléothérium*, le *dinothérium*, le *mastodonte*, et, à l'étage supérieur, apparaissent des animaux analogues à ceux qui existent aujourd'hui, bœufs, cerfs, rhinocéros, etc.

On trouve dans les terrains tertiaires de nombreux fossiles de mollusques, particulièrement des *cérithes*.

Les *chênes*, les *hêtres* et d'autres arbres qu'on ne trouve plus aujourd'hui que dans les régions tropicales composent les forêts.

7. Terrains quaternaires. — Les terrains quaternaires sont les derniers formés ; ils sont d'ailleurs, de nos jours encore, en voie de formation. Ce sont des terres d'*alluvions* déposées dans les vallées et aux embouchures des fleuves, et composées de *galets*, de *lits de cailloux*, de *sable* et de *limon*.

Au début de cette période, il y eut, semble-t-il, un

FIG. 256. — Le mammouth.

refroidissement intense qui couvrit les montagnes de *glaciers*, même notre Plateau Central; puis la température s'éleva, et les glaces, en fondant, donnèrent naissance à des torrents, qui ravinèrent, les pentes et déposèrent sur leur parcours d'épaisses couches de limon.

Parmi les *fossiles* de la période quaternaire, on cite des ossements de grands *mammifères : bœufs, ours, rhinocéros, cerfs,* et le *mammouth,* espèce d'éléphant

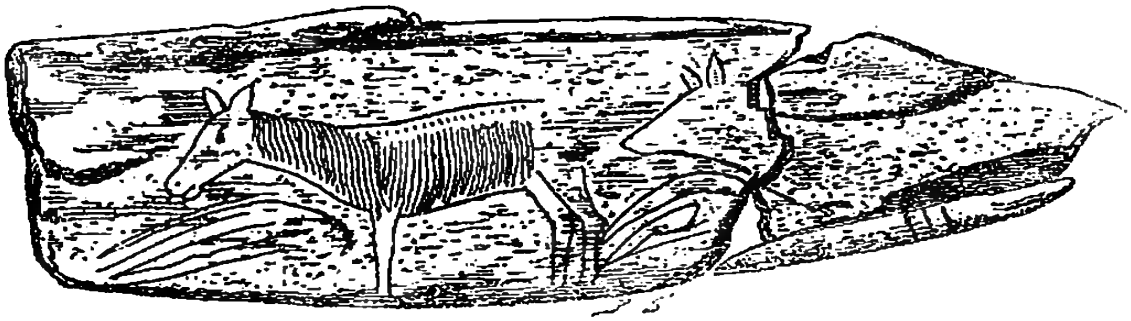


Fig. 257. — Renne gravé sur un bois de renne. (Dessin trouvé dans une caverne.)

couvert de poils et à défenses recourbées vers le bout.

La terre est couverte de végétaux de plus en plus semblables à ceux de nos jours.

Ce qui caractérise surtout cette époque est l'apparition de l'*homme* dès les étages inférieurs des terrains quaternaires. Sa présence ainsi que son activité se manifestent par les *squelettes* trouvés enfouis dans ces terrains, par des *armes* et des *ustensiles* divers et par quelques autres produits de son industrie, découverts dans des *cavernes* de cette période.

Fig. 258. — Maison lacustre.

Les objets dont se servait l'homme, dès les débuts, montrent avant tout le souci qu'il avait de se défendre contre les fauves qui l'entouraient, et aussi de se procurer, même par la violence, les aliments nécessaires à son existence.

Il sait perfectionner progressivement les armes qu'il fabrique ainsi que les ustensiles à son usage; petit à petit il apprend à tirer profit des choses qui l'entourent et à se mettre à l'abri

du climat au moyen de *vêtements* de peau de bête ou d'*étoffe grossière;* il arrive à quitter la *caverne* où il s'était refugié pour se construire au milieu des eaux des *habitations*, où sa vie lui semble plus en sécurité.

Cette marche lente mais assurée du progrès réalisé par l'homme permet de partager en *quatre étapes* ou *quatre âges* la période quaternaire.

1° L'AGE DE LA PIERRE TAILLÉE. — Dès le com-

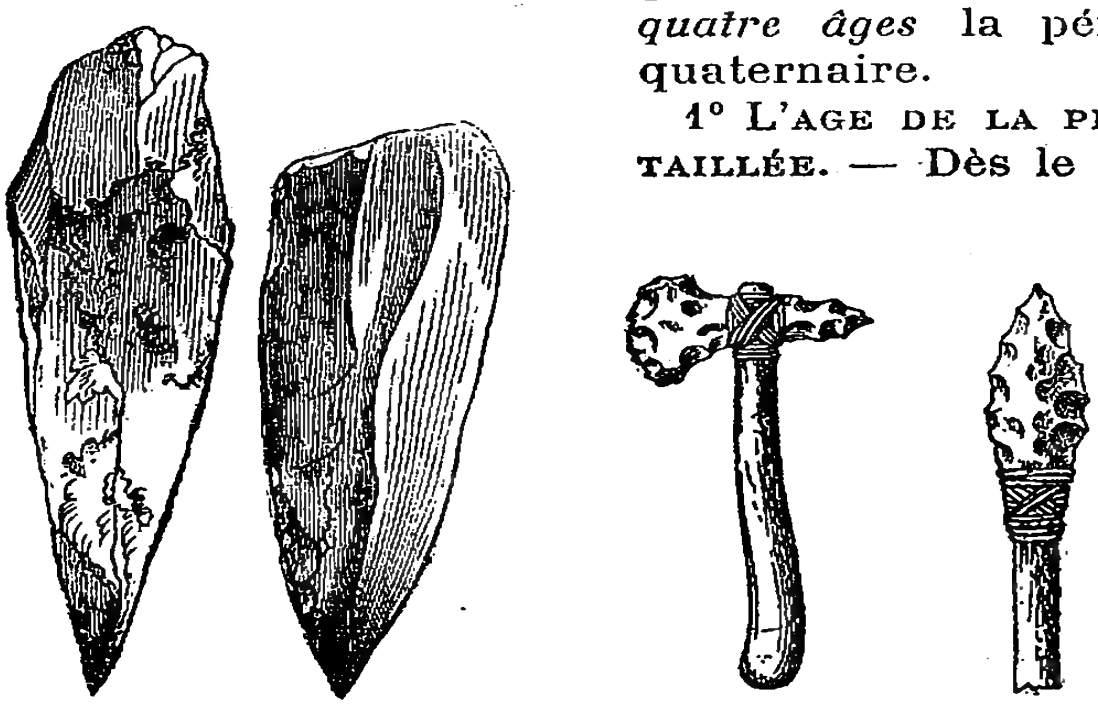


Fig. 259. — Pierres taillées et pierres polies.

mencement, les armes, très imparfaites, consistent en morceaux de *silex* grossièrement cassés, fixés au bout d'un os long ou d'un manche en bois.

2° L'AGE DE LA PIERRE POLIE. — Les silex polis, aiguisés et affilés deviennent des armes plus tranchantes et plus dangereuses; l'homme en outre, à ce moment, sait se fabriquer des *poteries* de formes diverses, tisser des *étoffes* et exprimer, en des *dessins* originaux, sur la pierre ou sur des os, les mobiles essentiels de son activité.

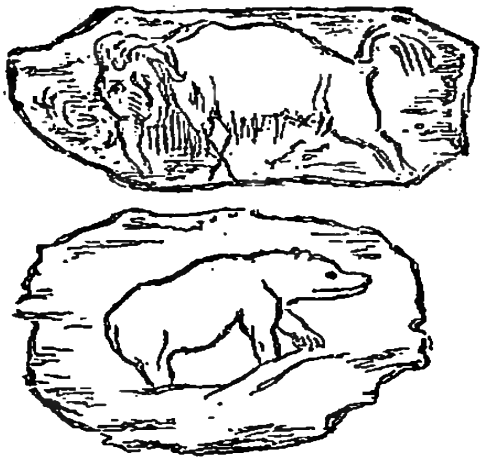


Fig. 260. — Dessins de l'âge de la pierre polie.

3° L'AGE DU BRONZE. — La découverte des procédés de fabrication du bronze marque un pas important dans la civilisation. Avec ce métal, on fit des armes et des outils plus parfaits. L'homme devenait réellement maître de la création. Afin de se garantir des attaques imprévues des animaux féroces, au milieu desquels il vivait, il se retira dans des habitations construites sur *pilotis*, au milieu des eaux, et enferma avec lui certains animaux qu'il avait domestiqués et dont il avait su se faire des auxiliaires utiles.

4° L'AGE DU FER. — La fabrication et l'usage du fer représentent la dernière étape dans la voie du progrès de l'homme primitif. Il possède dès lors le moyen de se façonner des armes redoutables ainsi que des instruments de toutes sortes, qui augmentent ses moyens d'action et ajoutent à sa sécurité et à son bien-être. L'homme apparaît alors avec un caractère nouveau; il est en possession de *puissances intellectuelles* qui font vraiment de lui un être supérieur. Il marquera sa place sur la surface du globe et commencera réellement l'histoire de l'humanité. L'homme *préhistorique* fait place à l'homme *historique*.

8. **Conclusion**. — L'étude des *roches* ne permet pas toujours de caractériser l'époque d'un terrain. Les changements dans l'écorce terrestre amenés par les éruptions volcaniques et les mouvements des mers ont trop souvent mélangé les roches des terrains les plus divers. Il importe, pour reconnaître un terrain, de rechercher les *fossiles* qu'il renferme.

RÉSUMÉ

1. Les terrains. — Selon le genre de roches qui les composent, les terrains sont dits *terrains ignés* ou *terrains sédimentaires*.

2. Les terrains primitifs. — Les terrains ignés sont appelés encore *terrains primitifs*, parce qu'ils forment la première enveloppe inférieure de l'écorce terrestre; ils sont composés de *gneiss*, de *micaschiste* et de *porphyre*. Ils ne contiennent aucun fossile.

Les terrains primitifs, en France, sont représentés par le *Plateau central*, les monts de *Bretagne* et des *Vosges*, les *Pyrénées* et les *Alpes*.

3. Classification des terrains sédimentaires. — Les *terrains sédimentaires*, formés de couches de roches superposées, comprennent les terrains *primaires*, les terrains *secondaires*, les terrains *tertiaires*, les terrains *quaternaires*. Chacun de ces terrains correspond à une période spéciale de formation de l'écorce terrestre.

4. Terrains primaires. — Les *terrains primaires* reposent immédiatement sur les terrains primitifs. Ils sont composés de *grès durs*, de *schistes argileux* (ardoises), de *calcaires* (marbre) et de *houille*.

Ils contiennent des *fossiles* de crustacés, de mollusques, de poissons, d'insectes et de reptiles.

La végétation comprend quelques *cryptogames* (fougères, prèles). Les terrains primaires recouvrent la base des terrains primitifs.

5. Terrains secondaires. — Les terrains secondaires sont formés de *grès colorés*, de *calcaires coquilliers*, de *marnes* (gypse, sel gemme), de *terrains jurassiques* et de *craie*.

Ils renferment des fossiles de *grands sauriens*, de quelques *oiseaux*, de divers *mammifères*, de quelques *mollusques* (ammonites et bélemnités).

Leur végétation comprend des *conifères* et des *cycladées*.

Les terrains secondaires limitèrent étroitement les golfes de Paris, d'Aquitaine et du Rhône.

6. Terrains tertiaires. — Les terrains tertiaires achevèrent de combler les trois golfes ci-dessus. Ils sont formés de couches de sable, d'argile et de calcaire, et contiennent des ossements de grands *mammifères* (paléothérium, dinothérium, mastodonte) et, à l'étage supérieur, de *bœufs*, de *cerfs*, de *rhinocéros*. On y rencontre, en outre, de nombreuses empreintes de *mollusques* (cérithes).

Les *chênes*, les *hêtres* et d'autres grands arbres des régions tropicales composent les forêts.

7. Terrains quaternaires. — Les terrains quaternaires sont des *terrains d'alluvions*. Il y eut, au début de cette période, un refroidissement général qui amena la formation d'immenses glaciers. Ceux-ci en fondant donnèrent naissance à des torrents, qui ravinèrent les coteaux.

On trouve dans ces terrains des ossements de *mammifères*

tels qu'ils existent aujourd'hui et ceux du *mammouth*.

La végétation ressemble à la végétation actuelle. L'apparition de l'homme caractérise cette époque.

La période quaternaire comprend quatre étapes distinctes correspondant aux étapes successives du progrès réalisé par l'homme primitif. C'est :

1° L'âge de la *pierre taillée*.

2° L'âge de la *pierre polie* qui correspond d'autre part à un commencement d'industrie concernant les poteries, les étoffes.

3° L'*âge du bronze* pendant lequel on vit apparaître les habitations lacustres.

4° L'*âge du fer* qui marque la dernière étape du progrès de l'homme primitif.

8. Conclusion. — Pour caractériser l'époque d'un terrain, il convient non seulement d'étudier la nature des roches qui le composent, mais aussi la variété des fossiles ou des ossements qu'il renferme.

Questionnaire.

1. Combien distingue-t-on d'espèces de terrains ? — 2. D'où proviennent les terrains ignés ? — **3.** De quelles roches sont composés les terrains primitifs ? — **4.** Ces terrains contiennent-ils des manifestations de vie ? — **5.** Quels espaces occupent-ils en France ? — **6.** Comment classe-t-on les terrains sédimentaires ? — **7.** Où reposent les terrains primaires ? — **8.** De quelles roches sont-ils formés ? — **9** Pourquoi les appelle-t-on aussi terrains carbonifères ? — **10** Comment la vie animale se manifeste-t-elle dans ces terrains ? — **11.** La vie végétale ? — **12.** Quels sont, en France, les espaces occupés par ces terrains ? — **13.** De quelles roches sont composés les terrains secondaires ? — **14.** Quels genres de fossiles y trouve-t-on ? — **15.** Quelle végétation y rencontre-t-on ? — **16.** Où se déposèrent les terrains secondaires ? — **17.** Que comblèrent les terrains tertiaires ? — **18.** De quelles roches ces terrains sont-ils formés ? — **19.** Quels ossements y trouve-t-on ? — **20.** Quels fossiles ? — **21.** Quelles espèces d'arbres composaient les forêts ? — **22.** De quoi sont formés les terrains quaternaires ? — **23.** Quelles espèces d'animaux les peuplaient ? — **24.** Comment était la végétation à cette époque ? — **25.** Qu'est-ce qui caractérise surtout l'époque quaternaire ? — **26** Qu'est-ce qui caractérise l'âge de la pierre taillée ? — **27.** L'âge de la pierre polie ? — **28.** L'âge du bronze ? — **29.** L'âge du fer ? — **30.** La nature d'une roche indique-t-elle toujours l'âge du terrain qui la renferme ?

Rédaction : Exposer, comme on se l'imagine, la vie de l'homme de l'âge de bronze. Décrire le pays habité.

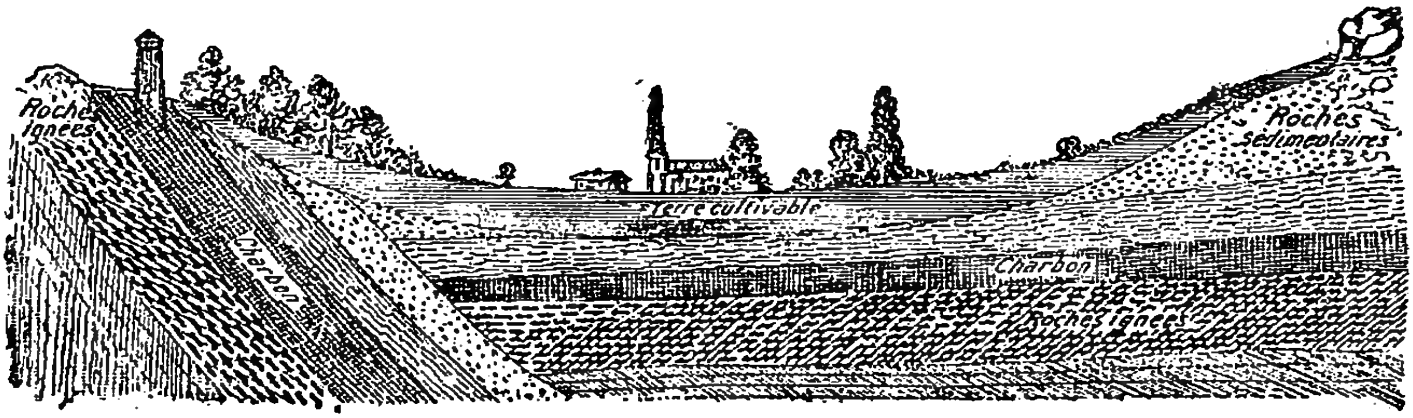


Fig 261. — L'écorce terrestre.

CHAPITRE XXXII

LES MINÉRAUX. — PIERRES

1. L'Écorce terrestre. — 1. La croûte solide de la terre se compose d'une couche mince de terre cultivable et de roches, de matières combustibles, de métaux et de sels.

2. Les roches se présentent généralement sous l'aspect de couches, ou *strates*, plus ou moins épaisses, superposées et souvent parallèles.

3. Ce sont des roches dites **sédimentaires**, dépôts accumulés au fond des eaux et qui, primitivement, se sont formées en couches parallèles. Ces boues, molles d'abord, se sont rapidement solidifiées et soudées par la suite, emprisonnant les débris animaux, ou *fossiles*, qui vivaient dans les eaux dont elles formaient le lit, et que nous exploitons sous le nom de pierres de taille, craie, marbres, grès, schistes, etc.

Quelquefois aussi les roches se présentent sous formes massives, sans apparences de *strates*. Ce sont les roches **ignées**, formées sous l'action d'un feu violent et rejetées à la surface du sol par suite des éruptions volcaniques.

2. Mines et carrières. — Pour mettre à jour et amener à pied d'œuvre ces richesses enfouies dans les entrailles de la terre, on ouvre des *carrières* à ciel ouvert ou l'on creuse, à de grandes profondeurs, des puits de *mines* et des galeries qui demandent une somme considérable de travail et d'efforts, et qui présentent de sérieux dangers.

Tous les corps qui composent la croûte solide de la

terre sont formés de trois matières principales : la *silice*, le *carbonate de chaux*, l'*alumine*. Nous allons étudier ces trois matières sous leurs différents aspects.

I. — SILICE

3. Silice. — 1. A l'état de pureté, elle constitue le *Quartz*, ou *Cristal de roche*, d'une grande dureté, cristallisé sous la forme d'un prisme terminé par des pyramides (fig. 262), transparent comme le verre qu'il est capable de rayer, et faisant feu lorsqu'il est choqué avec l'acier.

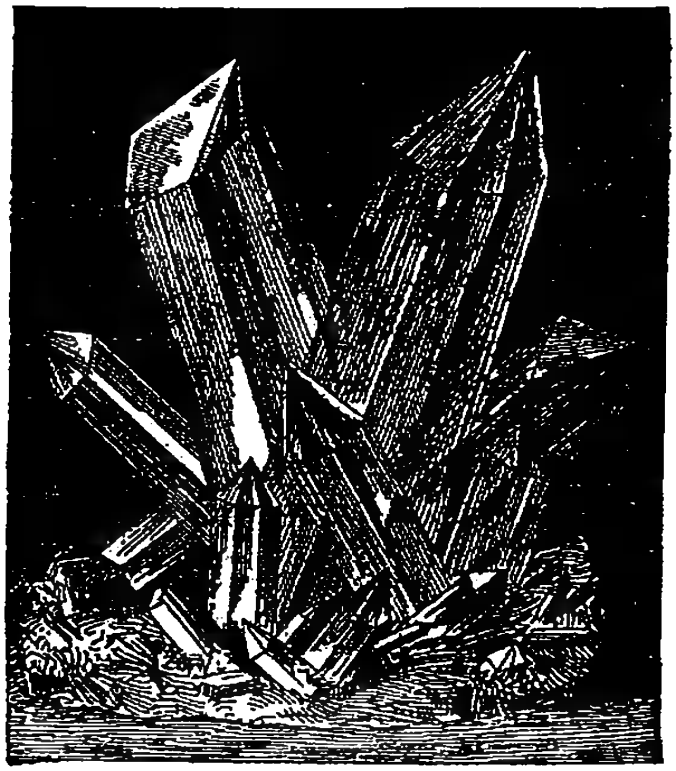


Fig. 262. — Cristal de roche.

2. Les autres pierres ou roches constituées en plus grande partie par la silice sont : le *Silex*, la *Pierre meulière*, le *Sable*, le *Grès*, et des pierres précieuses : *Agate*, *Améhyste*, *Opale*, *Jaspe*.

4. — Le Silex ou *Pierre à fusil* est de la silice souillée d'oxydes métalliques qui lui communiquent leur couleur brune ou rouge. Très dur, il raye l'acier ; vivement choqué contre ce métal, il en détache une petite parcelle ; la chaleur développée par le choc est suffisante pour rougir cette parcelle et produire une étincelle qu'on peut utiliser pour enflammer l'amadou d'un *briquet* : c'est l'étincelle, échappée à l'acier frappé par la pierre à fusil, qui enflammait la poudre dans les anciens fusils.

5. — La Pierre meulière sert à faire des meules de moulin lorsqu'elle est très compacte ; lorsqu'elle est caverneuse, et par conséquent moins lourde, elle est utilisée comme pierre de construction.

6. — Le Sable de la mer, des dunes, des landes, est

généralement formé des débris de roches siliceuses.

7. — 1. Le Grès peut être considéré comme l'agglomération de grains de sable siliceux ou argileux. Il forme en certains endroits des masses considérables qu'on exploite, et qu'on emploie, à cause de sa grande dureté, au pavage des rues. C'est en grès que sont tous ces cubes pierreux connus sous le nom de *pavés*. Le grès est à grain d'autant plus fin que la poudre de silice qui le forme est elle-même plus impalpable.

2. On peut ranger dans cette famille siliceuse : le *tripoli*, poudre d'un jaune rougeâtre provenant de la désagrégation de certaines *carapaces siliceuses*.

Le tripoli, qui doit son nom à la province de Syrie, où il est assez abondant, sert à nettoyer et à polir les métaux.

II. — CARBONATE DE CHAUX

8. **Carbonate de chaux.** — 1. Le Carbonate de chaux ou *Pierre calcaire* est un des corps les plus répandus dans la nature : on le trouve quelquefois cristallisé, transparent et incolore ; mais le plus souvent il forme des couches plus ou moins compactes. Toutes les pierres calcaires sont moins dures que les pierres siliceuses.

2. La propriété caractéristique de tous les calcaires, c'est de faire *effervescence avec les acides*. Si l'on verse une goutte d'acide sur un calcaire, on voit immédiatement se produire un abondant dégagement de gaz acide carbonique, assez semblable à un bouillonnement, alors que rien ne se produira si l'on verse le même acide sur une pierre siliceuse ou autre. Cette opération très simple est la façon la plus sûre de distinguer une pierre calcaire d'une pierre siliceuse ou argileuse.

3. Les principales pierres calcaires sont : la *Pierre à chaux*, la *Pierre à bâtir*, la *Craie*, le *Marbre*, la *Pierre lithographique*, le *Gypse* ou pierre à plâtre, et l'*Albâtre*.

9. — La Pierre a chaux est le Carbonate de chaux employé plus particulièrement à la fabrication de la chaux; c'est cette pierre qu'on calcine dans des fours spéciaux et qui fournit, après calcination, la

chaux employée comme lien dans les constructions.

10. — 1. La PIERRE A BATIR, à texture plus ou moins compacte et grossière, souvent incrustée de débris de coquillages, s'appelle encore *Pierre de taille*, *Moellon*, *Tuffeau ;* elle est employée dans les constructions.

2. Lorsque le calcaire est encore moins dur que le tuffeau, qu'il peut s'écraser sous la pression des doigts, il prend le nom de *Craie :* c'est un calcaire blanc à grains très fins, qui, suivant sa finesse, s'appelle craie ou *Blanc de Meudon.*

11. — Le MARBRE est un calcaire à texture cristalline, c'est le plus dur des carbonates de chaux. On le trouve tantôt blanc, comme à Carrare, — c'est celui qui est recherché par les statuaires — tantôt veiné de jaune, de rouge, de noir, couleurs produites par des oxydes métalliques mélangés au marbre. Comme il est susceptible d'acquérir un très beau poli, il sert à l'ornementation des édifices et des maisons, pour faire des colonnes, des escaliers, des cheminées, etc.

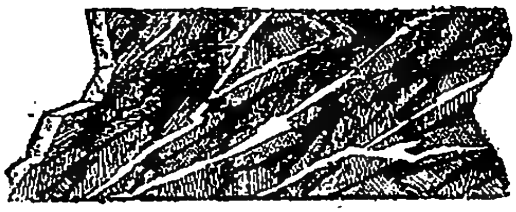


FIG. 263. — Marbre veiné.

12. — 1. La PIERRE LITHOGRAPHIQUE est un calcaire à grains très fins, susceptible d'acquérir un poli. Elle remplit, en lithographie, le même rôle que le cuivre pour la gravure.

2. La pierre lithographique est sciée en plaques épaisses, puis polie sur une face. On trace sur cette surface polie, à l'aide d'un crayon gras, les caractères ou les dessins qu'on désire

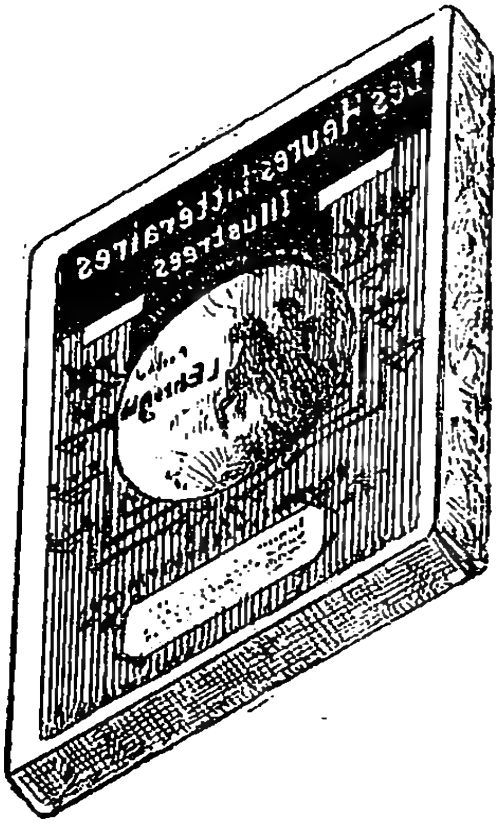


FIG. 264.
Pierre lithographique gravée.

reproduire, puis on verse sur la pierre un acide. Celui-ci attaque la pierre et la ronge, mais seulement aux endroits où l'acide est en contact avec elle, c'est-à-dire partout où le crayon gras n'a pas passé. Il reste alors une pierre qui présente en relief les caractères ou le dessin précédemment tracé. Lorsqu'on passera un rouleau enduit d'encre d'imprimerie sur cette pierre, l'encre ne se déposera que sur les reliefs, et pourra se détacher ensuite sur la feuille de papier qu'on pressera contre sa surface.

13. — Le Gypse est une pierre d'un blanc jaunâtre qu'on trouve en assez grande quantité dans les environs de Paris. Il se présente sous forme de cristaux triangulaires qu'on chauffe fortement dans des fours spéciaux. Sous l'influence de la chaleur, le gypse abandonne sa vapeur d'eau et il reste une poudre blanche, friable : c'est le *plâtre* qu'on utilise dans les constructions.

L'*albâtre* n'est qu'un plâtre plus fin, provenant d'un gypse qu'on extrait en Italie. On s'en sert pour faire des moulages, des empreintes et des statues.

III. — ALUMINE

14. Alumine. — 1. L'alumine pure ne forme pas d'amas considérables, c'est elle qui constitue les pierres précieuses : le *Saphir*, blanc ou bleu ; le *Rubis*, rouge ; l'*Émeraude*, vert; la *Topaze*, jaune.

Souillée d'oxyde de fer, elle forme l'*Émeri*, dont la poudre est assez dure pour rayer le fer et polir l'acier.

2. A l'état de *combinaison avec la silice*, l'alumine forme un grand nombre de roches ou de terres. Tels sont : le *Feldspath*, le *Kaolin*, l'*Argile*.

15. — Le Feldspath est un corps cristallin, blanc, quelquefois coloré, presque aussi dur que la Silice, et composé de silice, d'alumine et de potasse ou de soude. Sa cassure révèle des lamelles nacrées.

2. En mélangeant des variétés de Feldspath : le *Kaolin*

et le *Pétunzé,* qui sont plus riches en alumine que le Feldspath, on fait une terre employée à la fabrication de la *porcelaine.*

16. — 1. L'ARGILE est une roche molle, friable lorsqu'elle est sèche, formant une pâte plus ou moins liante lorsqu'elle est humectée ; le sable et diverses autres matières mélangées aux argiles leur communiquent des propriétés différentes. L'argile commune ou *terre glaise* sert à la fabrication des tuiles, poteries, briques, etc. L'argile plus fine est employée pour le modelage.

2. La *Marne* est une combinaison du carbonate de chaux et de l'argile; c'est une substance terreuse qu'on appelle tantôt *marne argileuse* et tantôt *marne calcaire* suivant que l'argile ou le carbonate de chaux domine.

La marne est utilisée comme *amendement* pour fournir du calcaire ou de l'argile aux terrains qui en manquent.

RÉSUMÉ

1. L'Écorce terrestre. — Les principales matières qui constituent la terre sont: la *silice*, le *carbonate de chaux*, l'*alumine.*

2. Mines et carrières. —On extrait ces matières en creusant soit des carrières à ciel ouvert, soit des mines profondes.

3. Silice. — La silice pure est le *cristal de roche* ou *quartz.*

4. Le *silex* raye l'acier; on en fait des briquets.

5. La *pierre meulière* sert de pierre de construction.

6. Le *sable de mer* est formé des débris de roches siliceuses.

7. Le *grès* est formé de poussières de sables siliceux, soudés par un ciment siliceux ou argileux.

8. Carbonate de chaux. — Le carbonate de chaux fait effervescence avec les acides.

9. La *pierre à chaux*, calcinée, fournit la chaux.

10. La *pierre à bâtir* sert dans les constructions.

11. Le *marbre* est le plus dur des carbonates de chaux; il est veiné par des oxydes métalliques.

12. La *pierre lithographique* est employée pour la gravure sur pierre.

13. Le gypse donne le plâtre et l'albâtre.

14. Alumine. — Le *saphir*, le *rubis*, l'*émeraude*, la *topaze* sont de l'*alumine* presque pure.

15. Le *feldspath* sert à la fabrication des porcelaines.

16. L'*argile* est employée à la confection des poteries.

La *marne* est une combinaison du carbonate de chaux et de l'argile.

Questionnaire.

1-1. De quoi se compose la croûte solide de la terre? — **2.** Sous quel aspect se présentent les roches? — **3.** Comment les roches se sont-elles formées? — Qu'appelle-t-on fossiles? — **2.** Comment met-on les minéraux au jour? — **3-1.** Que forme la silice à l'état pur? — **2.** Citez d'autres pierres constituées par la silice. — **4.** Que savez-vous du silex? — **5.** De la pierre meulière? — **6.** Du sable? — **7.** Du grès? — Du tripoli? — **8-1.** Sous quelle forme trouve-t-on le carbonate de chaux? — **2.** Quelle est la propriété caractéristique de tous les calcaires? — **3.** Citez les principales pierres calcaires. — **9.** Que savez-vous de la pierre à chaux? — **10-1.** Quels noms porte la pierre à bâtir? — **2.** Qu'est-ce que la craie? — **11.** Dites ce que vous savez du marbre. — **12-1.** Qu'est-ce que la pierre lithographique? — **2.** A quoi l'emploie-t-on et comment? — **13.** Qu'est-ce que le gypse? — L'albâtre? — **14-1.** Citez des pierres précieuses formées d'alumine. — **2.** Que forme l'alumine combinée avec la silice? — **15-1.** Qu'est-ce que le feldspath? — **2.** Que fait-on avec le kaolin et le pétunzé? — **16-1.** Dites ce que vous savez de l'argile. — **2.** De la marne.

RÉDACTION : Les pierres calcaires ; leur propriété caractéristique; leur nature diverse et leurs usages.

CHAPITRE XXXIII

TALC. — MICA. — SCHISTES

I. — ROCHES IGNÉES. — COMBUSTIBLES

1. — En dehors des trois genres de roches que nous venons d'étudier, et qui forment la plus grande partie de l'écorce terrestre, on trouve encore quelques autres substances intéressantes, soit par elles-mêmes, soit par leurs composés : tels sont le *Talc*, le *Mica*, les *Schistes*, les *Roches ignées* et les *Combustibles*.

II. — LE TALC

2. Le talc est une substance blanche ou verdâtre, onctueuse au toucher comme le savon, pouvant

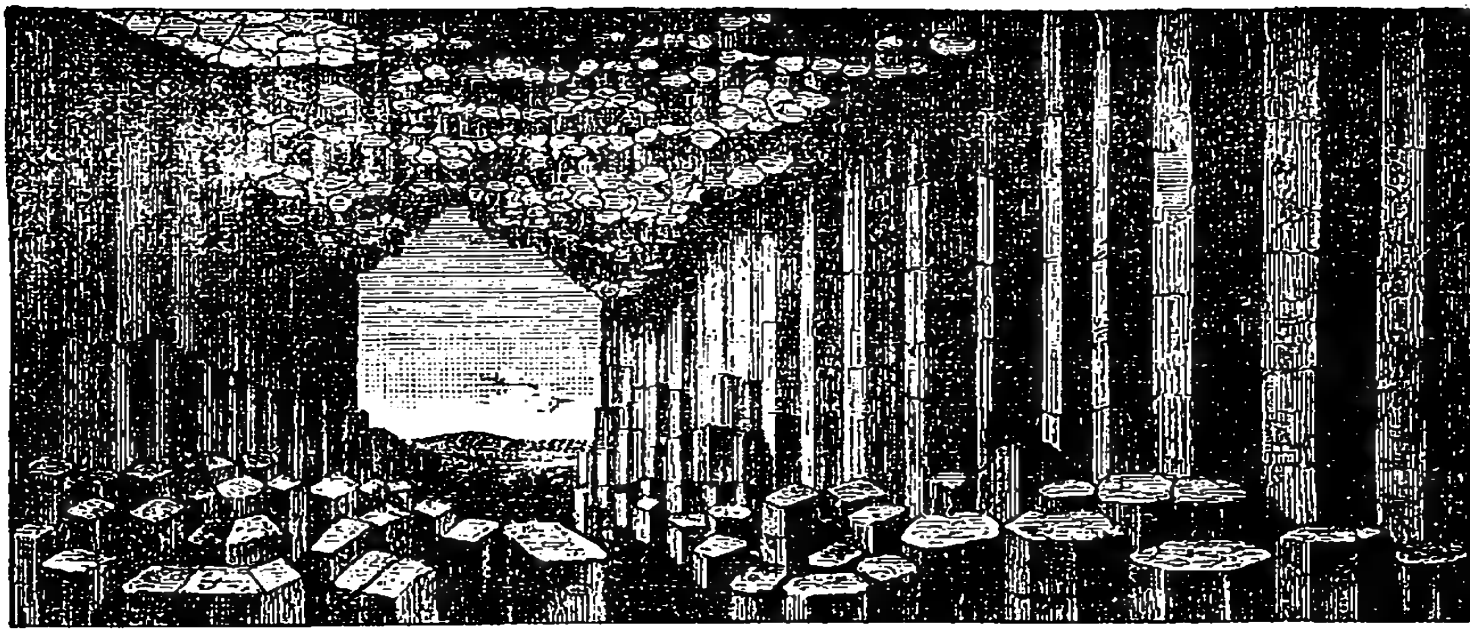


Fig. 265. — Grotte basaltique de Fingall, dans l'île de Staffa (Hébrides).

être rayée par l'ongle, se présentant en lames feuilletées et écailleuses. Une variété de Talc, la *stéatite* ou *craie de Briançon*, est employée par les tailleurs pour tracer sur le drap la coupe des habits. C'est le talc, coloré diversement, qui est la base des crayons de couleur et des pastels.

III. — LE MICA

3. **Le mica** se présente toujours sous l'apparence de lames feuilletées, transparentes et nacrées, soit incolores, soit colorées en différents jaunes. Lorsqu'il est incolore, le mica en feuilles sert dans certaines contrées à remplacer le verre à vitres ; on en fait des verres de lampes, des devants de foyers dans certains poêles, etc. C'est le mica de couleur d'or qu'on emploie sous le nom de *poudre d'or* pour sécher l'écriture fraîche : il est trouvé sous cette forme, et en grande abondance, sur certaines plages où la mer le dépose.

IV. — LES SCHISTES

4. **Les schistes** sont des roches à base d'argile qui peuvent facilement se séparer en feuillets parallèles. Quelques-uns sont sans consistance et tombent

en poussière à l'air humide ; mais il en est d'autres, les *Ardoises* (*silicate d'alumine*) qui conservent, même réduits en feuilles minces, une solidité suffisante pour être employés à la couverture des toits. On tire les ardoises du sol, soit dans les Ardennes, soit surtout aux environs d'Angers.

V. — LES ROCHES IGNÉES

5. — 1. On désigne sous le nom de **Roches ignées** ou **éruptives cristallines** les roches formées sous l'action d'un feu violent, et rejetées soit à la surface de la terre, soit dans ses profondeurs, dans les éruptions primitives que la chaleur centrale de notre globe a provoquées. Elles se composent d'un amas de petits cristaux appartenant généralement aux roches que nous venons d'étudier : Quartz, Mica, Feldspath, etc., mélangées d'oxydes métalliques.

2. Ces roches ignées diffèrent des roches précédentes par l'absence de *strates*. Elles se présentent, au contraire, sous formes massives, sans apparence de couches ou bancs.

3. Les principales roches ignées sont : les *Granits*, les *Porphyres*, les *Basaltes*, les *Laves*.

6. — Le Granit est un agglomérat de particules plus ou moins divisées de Quartz, de Mica et de Feldspath ; c'est une roche très dure et employée pour cette raison à la confection des bordures des trottoirs ; le Granit sert également de pierre de construction dans les villes qui avoisinent les lieux d'extraction de cette roche.

2. Le granit qui présente des feuillets de mica séparant des couches de quartz et de feldspath, se nomme *gneiss ;* s'il présente des feuillets de quartz séparant des couches de mica, on l'appelle *micaschiste*.

7. — Le Porphyre contient en majeure partie du Feldspath dans la pâte duquel se trouvent pris des cristaux d'un silicate d'alumine et de potasse : il présente alors l'aspect d'un nougat aux amandes. Le Por-

phyre, d'une grande dureté, diversement coloré, est susceptible d'acquérir un beau poli ; comme le marbre, il est employé à la décoration des édifices.

8. — Les BASALTES et les LAVES sont des roches rejetées liquides dans les éruptions volcaniques. Lorsqu'elles sont solidifiées, elles sont assez résistantes pour pouvoir être employées au dallage des rues et à la construction des maisons. Le Basalte (fig. 265) très abondant dans le centre de la France, où il a été produit par les éruptions des volcans d'Auvergne, éteints depuis longtemps, se présente sous forme de colonnes à bases polygonales.

VI. — LES COMBUSTIBLES

9. — Les autres corps inertes qu'on rencontre encore au sein de la terre peuvent être groupés en deux catégories : 1° les corps à base de carbone et qui peuvent brûler : le *Diamant*, la *Houille*, la *Tourbe*, le *Soufre ;* 2° les *métaux*, leurs *minerais* et les *sels*, que nous étudierons en chimie avec plus de détails et dont nous ne donnerons ici qu'une notice sommaire.

10. Le carbone et ses composés. — Le carbone est le corps qui constitue la presque totalité des charbons. Ceux-ci sont très variés d'aspect, mais ils possèdent tous

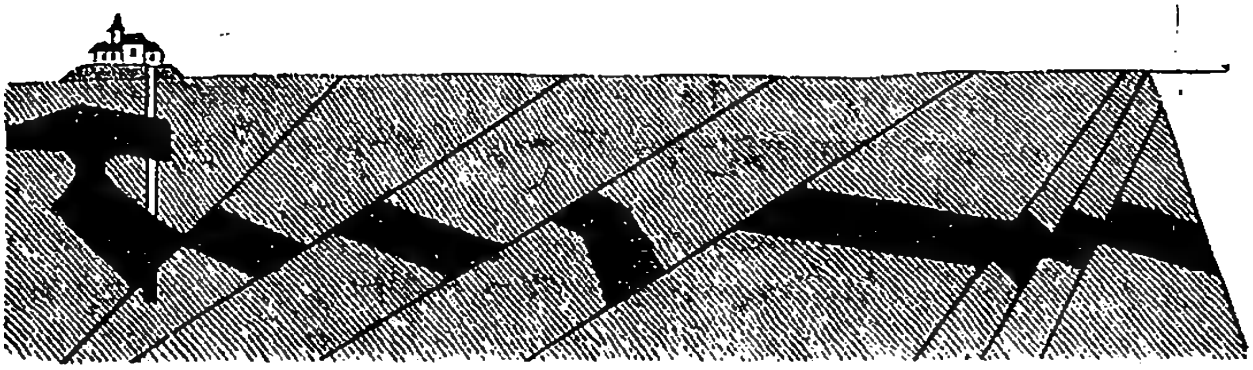


FIG. 266. — Coupe théorique d'un terrain montrant les couches de houille (parties noires) disloquées par les mouvements de l'écorce terrestre. A gauche les bâtiments d'exploitation avec un puits de mine.

a même propriété de produire, en brûlant, de l'acide carbonique.

11. Divisions des charbons. — Les charbons sont divisés en deux groupes : les *charbons naturels ;* les *charbons artificiels*, selon qu'on les trouve tout formés dans la nature ou que l'industrie les produit. (Sur les charbons, voir pages 429 et suivantes.)

12. Le soufre. — Le soufre est un corps solide jaune citron, que le commerce livre en poudre connue sous le nom de *fleur de soufre*, ou en *canons* ou en forme de tronc de cône. (Sur le soufre, voir page 443.)

RÉSUMÉ

1-2. Roches. — Il existe encore d'autres roches intéressantes : le **talc**, le **mica**, les **schistes**.

3-4. Roches ignées. — Les roches ignées ont été rejetées par les éruptions volcaniques.

Elles présentent des formes massives, *sans strates*.

Les roches ignées sont surtout le *granit*, le *porphyre*, les *laves*.

5-11. Combustibles. — On appelle combustibles tout ce qui peut brûler. Tous les corps à base de carbone sont combustibles.

12. Soufre. — On trouve le soufre dans les solfatares, près des volcans.

Questionnaire.

1. En dehors des roches étudiées précédemment, en existe-t-il d'autres? — **2.** Qu'est-ce que le talc? — **3.** Le mica? — **4.** Le schiste? — **5-1.** Qu'appelle-t-on roches ignées? — 2. En quoi diffèrent-elles des roches sédimentaires? — 3. Citez les principales roches ignées. — **6-1.** Qu'est-ce que le granit? — 2. Le gneiss? Le micaschiste? — **7.** Que savez-vous du porphyre? — **8.** Que savez-vous sur les basaltes et les laves? — **9-10.** Qu'appelle-t-on combustibles? — **11.** Combien y a-t-il d'espèces de charbons? — **12.** Qu'est-ce que le soufre? — Sous quelle forme le vend-on?

RÉDACTION : Les roches ignées; leur origine; leurs caractères distinctifs ; leurs propriétés diverses et leurs usages.

CHAPITRE XXXIV

MODIFICATIONS DU SOL DUES AUX PHÉNOMÈNES ACTUELS

1. La surface de la terre est soumise à des *influences* diverses qui en modifient continuellement l'aspect. Les unes sont *externes*, tels que l'air et l'eau; les autres sont *internes*, comme les volcans et les tremblements de terre.

2. Action de l'air. — L'air, surtout l'*air humide*, agit sur les roches, les pénètre, les décompose, les désagrège au moins superficiellement. Le *vent*, les *pluies*, les *gelées*, achèvent l'œuvre de l'air et arrachent des rochers toutes les parties qui ont été rendues friables.

Dans les *déserts*, ainsi que sur les larges *plages*, les vents poussent les sables fins, les accumulent, les roulent comme des montagnes mouvantes souvent très loin du point de départ. Afin d'arrêter ces mouvements, parfois dangereux, des *dunes* sur les côtes, on a essayé de les fixer par des plantations de *pins maritimes*.

3. Action de l'eau. — Les eaux de pluie glissent sur la surface du sol et s'amassent dans les vallées, pour former les *ruisseaux*, les *rivières* et les *fleuves*. Lorsqu'elles tombent sur la pente raide des montagnes, elles en descendent avec force, en *torrents*, entraînant avec elles les terres végétales et dénudant petit à petit les sommets. D'où la nécessité d'empêcher le dépouillement des montagnes en les couvrant de *forêts*. Les arbres maintiennent la *terre arable*, l'augmentent chaque année des débris de leurs feuilles, retiennent les eaux de pluie et rendent ainsi plus difficiles, plus rares, les *inondations* dans les vallées.

Une autre partie des eaux de pluie, la plus importante, traverse le sol, s'y enfonce jusqu'à ce qu'elle rencontre une *couche imperméable*, qui la retient et forme ainsi le fond d'une *nappe d'eau souterraine*. Cette nappe suit la pente de la couche imperméable qui lui sert de lit, et détermine un courant souterrain qui entraîne avec lui des terres, des roches, donnant naissance à des *excavations*, à des *cavernes*, et s'échappe, parfois au dehors, au fond d'une vallée ou au flanc d'un coteau, par une fissure du sol, *source* d'une rivière ou d'un fleuve.

Sources thermales. — Les eaux souterraines peuvent, dans leur parcours, descendre profondément, prendre une température élevée et produire, quand elles remontent à la surface, les *sources thermales*.

4. **Sources minérales.** — Elles dissolvent d'autre part les sels solubles qu'elles rencontrent et préparent ainsi les sources d'eaux minérales.

Grottes. — En s'infiltrant à travers les terrains calcaires, les eaux chargées de gaz carbonique dissolvent du carbonate de chaux et deviennent capables de recouvrir de pierre les objets sur lesquels elles passent; telles les *sources incrustantes* ou *pétrifiantes* de Saint-Allyre, en Auvergne ; ou bien, tombant goutte à goutte du plafond d'une caverne, elles produisent des *stalactites* et des *stalagmites*, dont les formes bizarres ornent certaines grottes renommées.

Cours d'eau. — Les cours d'eau, surtout les cours rapides, dévorent lentement leurs rives et iraient toujours s'élargissant si la main de l'homme n'arrêtait leur œuvre destructive. Les terres et les matériaux qu'ils entraînent sont déposés le long de la route sur le lit même du fleuve qui monte graduellement, ou à l'embouchure, formant des *terrains d'alluvions*, des *îlots de sable*, comme dans l'estuaire de la Gironde, ou des *deltas*, comme à l'embouchure du Rhône.

Glaciers. — Les neiges qui s'amoncellent sur les sommet des hautes montagnes pressent sur les couches

inférieures, et les obligent à glisser dans la vallée, déterminant ainsi de véritables *fleuves solides* de glaces. Ces masses irrésistibles, en mouvement, arrachent des flancs des montagnes des roches de toutes dimensions, les entraînent avec elles jusqu'au pied de la montagne, où la glace fondue laisse apparaître un gigantesque chaos de roches accumulées.

5. La mer. — L'eau de la mer, toujours agitée, soit

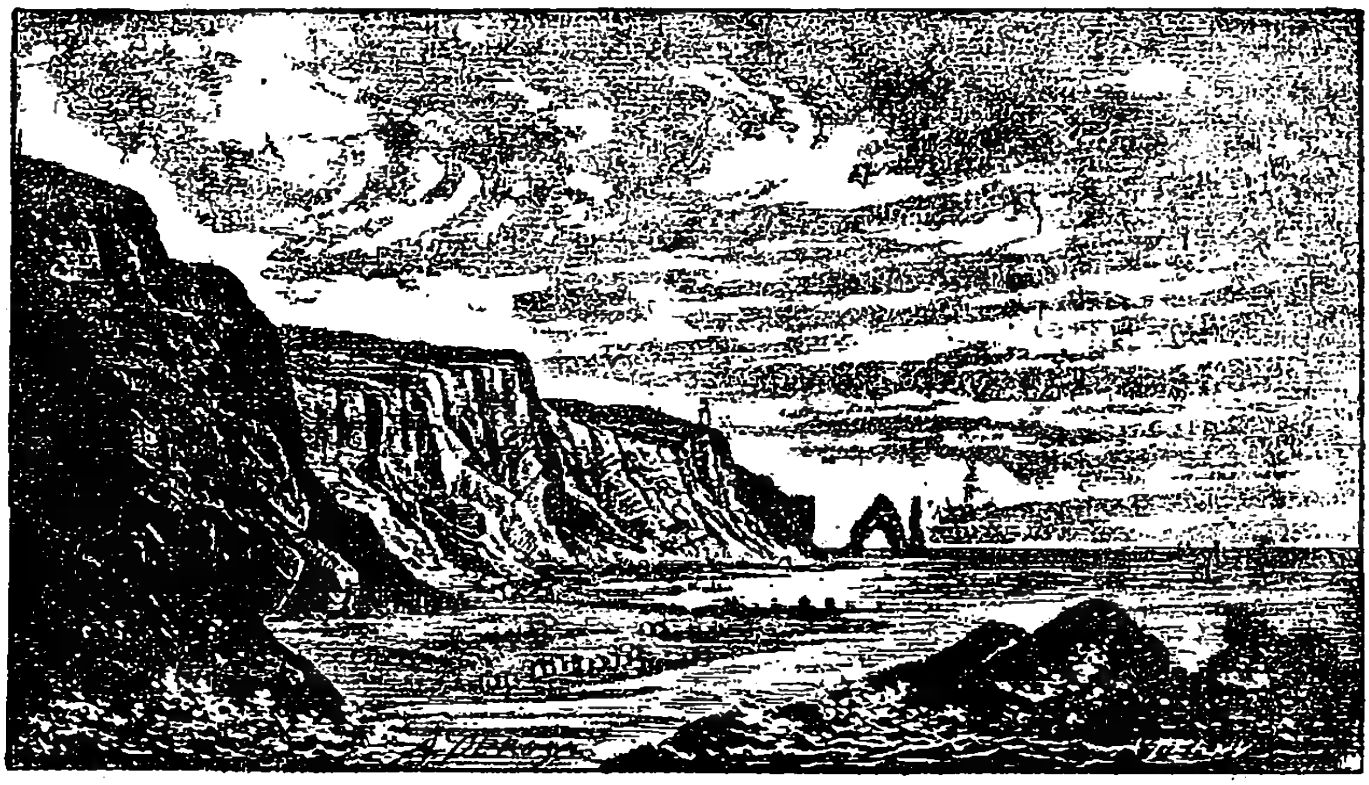


FIG. 267. — Action des vagues sur les falaises. (Étretat.)

qu'elle obéisse au mouvement régulier du flux et du reflux, ou qu'elle soit soulevée par les vents des tempêtes, bat constamment les côtes, ronge les falaises à leur base, les sape, jusqu'à ce que, n'ayant plus d'attache suffisante, les rochers minés s'écroulent avec fracas. C'est ce qu'on observe partout, notamment sur les côtes de la Normandie où les falaises crayeuses donnent prise à l'action destructive des eaux. Les roches tombées sont poussées par le flot, cassées, roulées et projetées en *bancs* de galets en d'autres points du littoral.

Cette pénétration de la mer dans les terres est très sensible en certains endroits. Ainsi le *Mont Saint-Michel*, autrefois sur le continent, à plusieurs kilomètres de la côte, est aujourd'hui au milieu même de la mer.

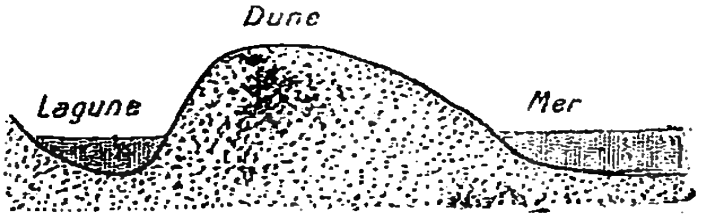


FIG. 268. — Mode de formation d'une dune.

Il est vrai que par contre la mer dépose en d'autres lieux le sable et les galets qu'elle charrie et ajoute au littoral. C'est ainsi que se sont formées les *dunes* immenses composant presque tout le département des Landes et entourant la lagune d'Arcachon.

L'influence de la mer est donc à la fois destructive et édificatrice.

RÉSUMÉ

1. Modifications du sol. — La surface de la terre est sans cesse modifiée par des influences diverses, les unes externes : l'*air* et l'*eau;* les autres internes : les *volcans* et les *tremblements de terre.*

2. Action de l'air. — L'air humide désagrège les roches; le vent, la pluie, la gelée achèvent l'œuvre de l'air et arrachent des roches toutes les parties friables. Dans les déserts, sur les larges plages, les vents roulent des montagnes mouvantes de sable fin, des *dunes*. En certains endroits, les dunes ont été fixées par des plantations de pins maritimes.

3. Action de l'eau. — Les eaux de pluie ruissellent à la surface du sol, s'amassent dans les vallées et déterminent des rivières et des fleuves. Sur les pentes escarpées, elles coulent en torrents, entraînant avec elles la terre et dénudant les sommets. D'où nécessité du *reboisement* des montagnes.

Une autre partie des eaux de pluie s'infiltre dans le sol jusqu'à la rencontre d'une couche imperméable et forme des *nappes souterraines* d'eau courante, déterminant des *cavernes* et donnant naissance aux *sources* des rivières et des fleuves.

Sources minérales. — Les nappes souterraines profondes

produisent les eaux thermales; celles qui dissolvent les sels solubles qu'elles rencontrent préparent les sources d'eaux minérales.

Les eaux souterraines chargées de gaz carbonique dissolvent les carbonates de chaux et deviennent des eaux *inscrustantes* ou *pétrifiantes ;* en tombant goutte à goutte du plafond d'une grotte, elles forment des *stalactites* et des *stalagmites.*

Les cours d'eau rongent lentement leurs rives et déposent sur leur parcours ou à leur embouchure des matériaux qu'ils charrient, formant ainsi des *terrains d'alluvions*, des *îlots de sable* et des *deltas.*

Les neiges accumulées sur le haut des montagnes descendent dans la vallée en *fleuves de glace,* entraînant avec elles des roches qu'elles déposent au pied de la montagne.

5. La mer. — La mer ronge constamment la base des *falaises* qu'elle mine et abat. Les roches qu'elle entraîne, brise et roule, ainsi que les sables qu'elle charrie, sont transportés, en *bancs de galets* ou en *dunes* de sable, sur un autre littoral qui s'agrandit.

Questionnaire.

1. A quelles influences la surface du sol est-elle soumise ? — **2.** Comment l'air agit-il sur les roches ? — **3.** Qu'est-ce qui achève son œuvre ?— **4.** Que se passe-t-il dans les déserts et sur les larges plages où le vent souffle ? — **5.** Expliquer l'origine des rivières et des fleuves? — **6.** Comment se forment les torrents ? — **7.** En quoi les forêts sur les montagnes sont-elles utiles ? — **8.** Expliquer l'origine des nappes d'eau souterraines ? des sources, des rivières et des fleuves ? des sources thermales ? des sources minérales ? des grottes ? — **9.** Expliquer l'origine des terrains d'alluvions apportés par les cours d'eau à leur embouchure. — **10.** Comment se forment les fleuves de glace et qu'entraînent-ils avec eux ? — **11.** Expliquer l'action destructive des eaux de la mer sur les côtes ? — **12.** Expliquer d'autre part son action édificatrice ?

Rédaction. — Montrer comment l'air et l'eau *modifient* parfois l'aspect des continents.

DEUXIÈME PARTIE

NOTIONS DE PHYSIQUE & DE CHIMIE

PHYSIQUE

CHAPITRE PREMIER

PESANTEUR

1. Définition. — 1. La **Pesanteur** est une force qui attire tous les corps vers le centre de la terre. Si quelques corps, comme les ballons par exemple, paraissent ne pas subir son action, c'est qu'ils sont placés au milieu de l'air — qui, tendant avec plus d'énergie vers la terre, les repousse comme plus légers.

2. L'action de la pesanteur est la même sur tous les corps, quel que soit leur poids, quel que soit leur volume; et s'ils ne tombent pas tous avec la même vitesse, c'est à cause de la résistance que l'air oppose à leur chute.

3. *S'ils tombaient dans un espace privé d'air — dans le vide — ils tomberaient tous avec la même vitesse, quelles que soient leurs différences de poids ou de volume.*

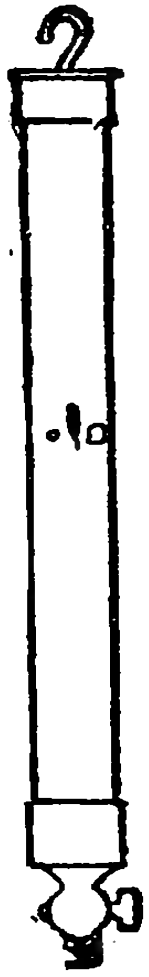


Fig. 269. — Tube de Newton, Les trois corps tombent en même temps dans le vide.

4. On démontre pratiquement cette vérité au moyen du tube de Newton (fig. 269).

Dans ce tube on place des objets de poids différents,

plomb, liège, duvet. Après avoir fait le vide dans ce tube, on le retourne de haut en bas et les trois objets tombent en même temps. Ils sont tombés avec la même vitesse parce qu'ils n'ont pas rencontré la résistance de l'air.

2. Direction de la pesanteur. — 1. Tout corps qui tombe librement suit une direction que l'on a appelée *verticale*. La verticale en un lieu de la terre est fournie par tout fil supportant un corps pesant : un tel fil est appelé *fil à plomb*.

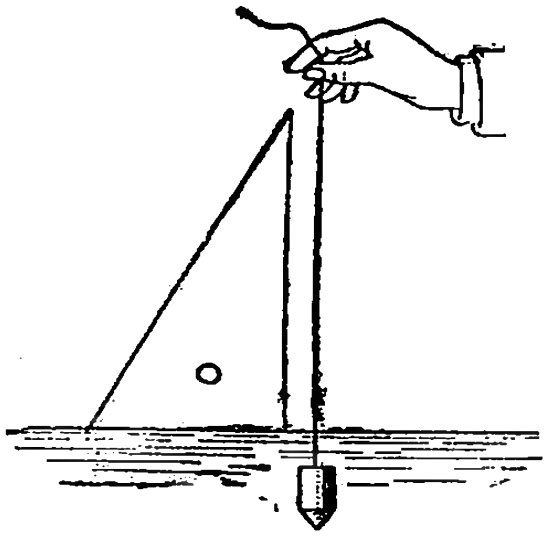


Fig. 270. — Fil à plomb.

2. Le fil à plomb (fig. 270) est généralement un cylindre ou un cône de plomb ou de cuivre suspendu à l'extrémité d'une mince corde. Il permet au maçon de vérifier si un mur élevé est vertical (fig. 271).

3. La direction perpendiculaire à la verticale est l'*horizontale*. Le fil à plomb disposé au milieu d'un des côtés d'un rectangle de bois sert encore au maçon sous le nom de *niveau*, pour s'assurer que la rangée de briques qu'il dispose est horizontale. Lorsque la base du rectangle est horizontale, sa hauteur, figurée par le fil à plomb doit passer par le milieu de la base. Ce milieu est indiqué par un trait. Si le fil passe à côté du trait, c'est que la base du rectangle, c'est-à-dire la rangée de briques sur laquelle cette base repose, n'est pas horizontale.

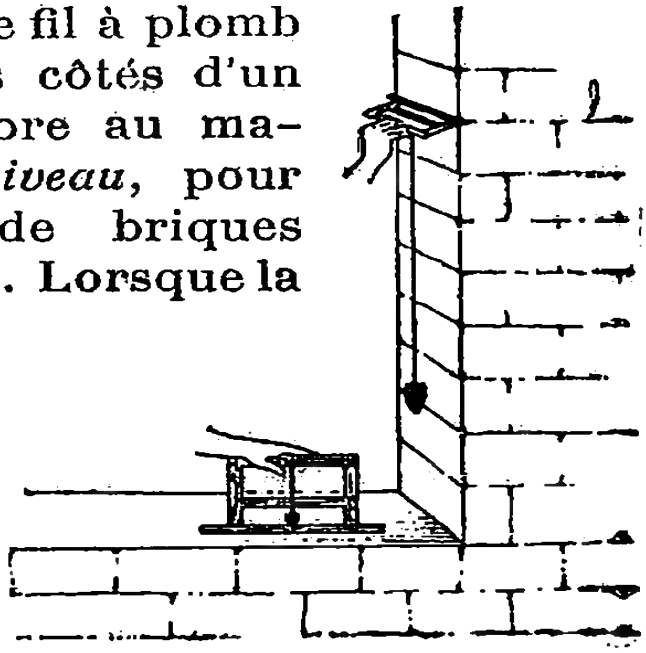
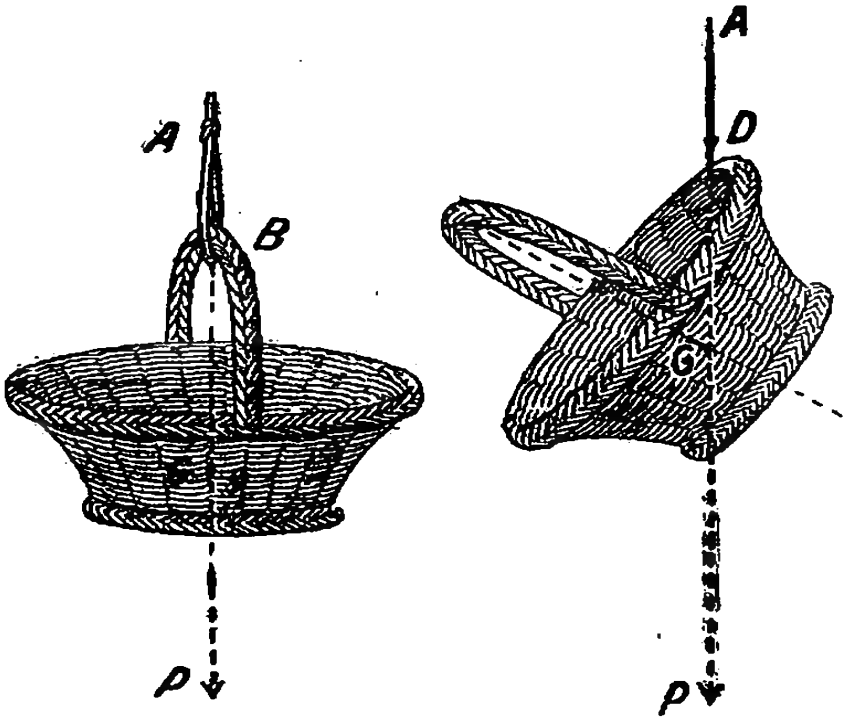


Fig. 271. — Niveau de maçon.

Le niveau de maçon consiste aussi en deux planchettes assemblées de façon à former un triangle rectangle isocèle. Un fil à plomb est suspendu au sommet de l'angle droit. L'hypoténuse étant appliquée sur une surface, cette surface sera horizontale si le fil à plomb recouvre exactement un trait marqué sur une troisième planchette transversale reliant les deux autres et parallèle à l'hypoténuse.



1re Position. Equilibre par l'anse B.

2e Position. Equilibre par le bord D.

Le centre de gravité du panier est donné par le point d'intersection G des lignes imaginaires BP et DP prolongeant le fil A dans les deux positions.

Fig. 272. — Centre de gravité.

3. Centre de gravité. — 1. Le centre de gravité d'un corps est le point de rencontre des deux droites données par les directions d'un fil suspendant ce corps en deux points différents. Dans un corps homogène et de forme géométrique, le centre de gravité se confond avec le centre même de la figure géométrique.

2. Un corps est en équilibre *stable*, quand dérangé de la position qu'il occupe, il y revient de lui-même. Ex. : un tableau suspendu par une corde.

Un corps est en équilibre *instable*, quand dérangé de la position qu'il occupe, il n'y revient pas de lui-même. Ex. : Un pain de sucre qu'on voudrait faire tenir sur sa pointe.

Un corps est en équilibre *indifférent*, quand, déplacé de la position qu'il occupe, il reste cependant en équilibre. Ex. : une toupie couchée sur le côté.

Lorsqu'on dérange un corps de la position qu'il occupe, son centre de gravité *monte* si l'équilibre est

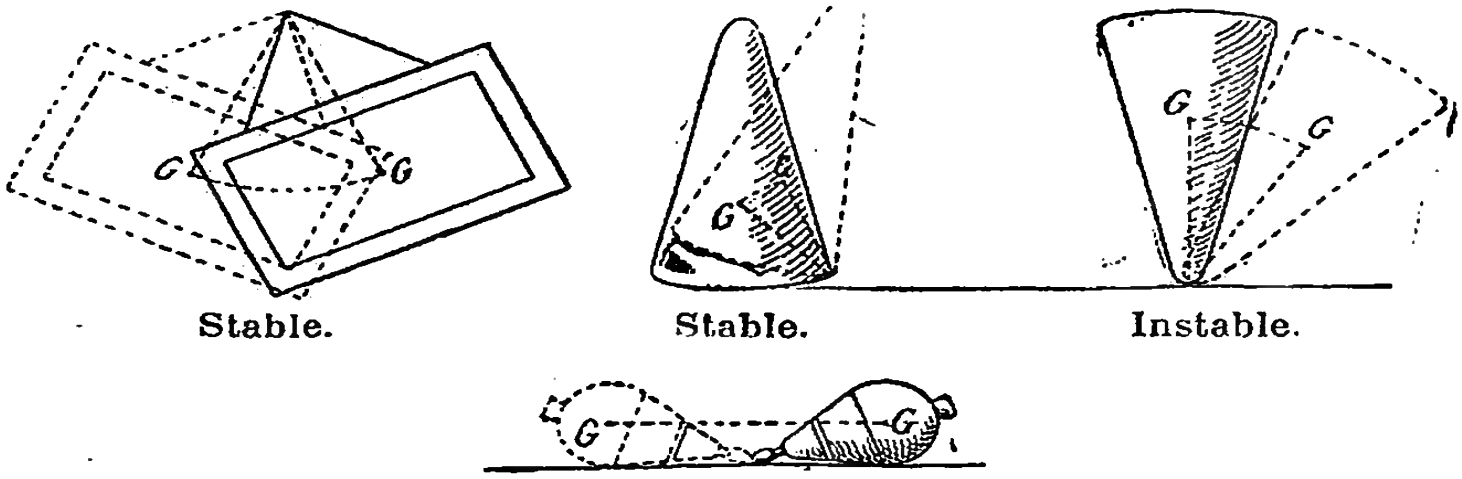


FIG. 273. — Diverses sortes d'équilibre (G indique le centre de gravité).

stable, son centre de gravité *descend*, si l'équilibre est instable ; il *ne monte ni de descend*, si l'équilibre est indifférent.

4. **Pendule.** — Le pendule est un corps pesant suspendu à l'extrémité d'un fil. Une fois éloigné de sa position normale verticale, ce corps tend à revenir à sa position et produit une suite *d'oscillations d'égale durée*. Ces oscillations dureraient indéfiniment, s'il n'y avait pas de frottements au point d'attache et si le mouvement s'effectuait dans le vide.

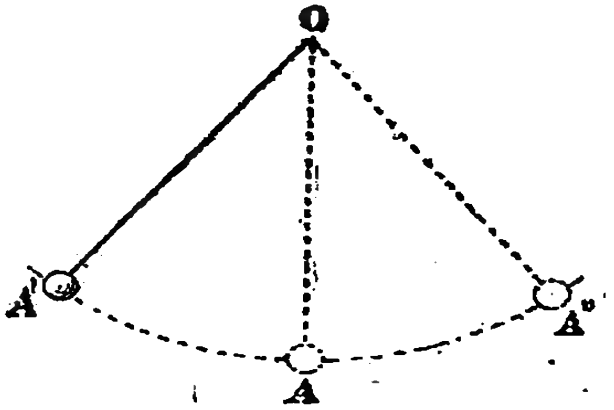


FIG. 274. — Pendule.

Elles seraient d'une parfaite régularité.

La régularité de ces oscillations a été utilisée pour régulariser le mouvement de la chute d'un poids dans les *horloges* ou le mouvement de détente d'un ressort dans les *pendules*.

LEVIERS

Pour *vaincre* la force de la pesanteur on a imaginé les *leviers*, et pour l'*évaluer* on a construit les *balances*.

5. Définition. — 1. Les leviers sont des outils très simples, formés essentiellement d'une tige rigide pouvant se mouvoir autour d'un point fixe appelé *point d'appui.*

2. Ces outils permettent de soulever des fardeaux pesants en déployant peu d'efforts. Le fardeau à soulever s'appelle *résistance ;* l'effort qu'il faut déployer prend le nom de *puissance.* Les *bras du levier* sont les distances qui séparent le *point d'appui* de la puissance ou de la résistance.

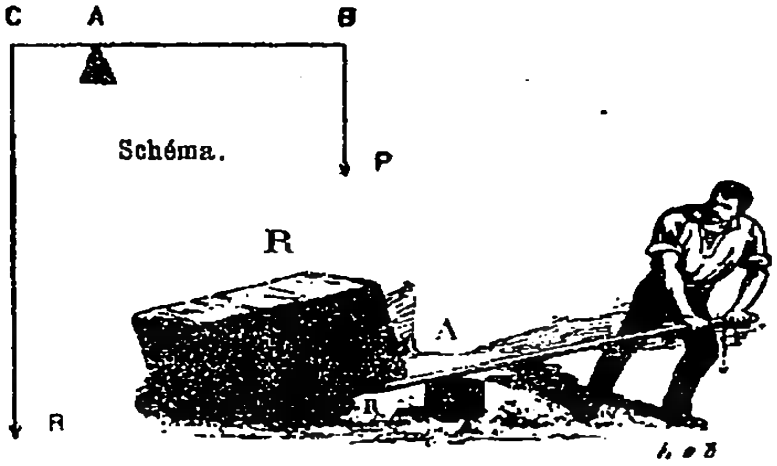
3. Conditions d'équilibre d'un levier. — Pour qu'un levier soit en équilibre :

1° Si le bras de levier de la puissance est 2, 3, 4, *etc., fois plus grand* que le bras de levier de la résistance, il suffit d'employer une force 2, 3, 4, etc., fois plus petite que la résistance.

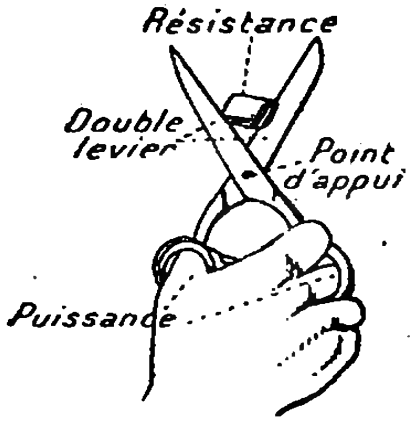
2° Si le bras de levier de la puissance est 2, 3, 4, *etc., fois plus petit* que le bras de levier de la résistance, il suffit d'employer une force 2, 3, 4, etc., fois plus grande que la résistance.

6. **Différents genres de leviers.** — Les leviers sont de trois genres; ils diffèrent suivant les positions du point d'appui par rapport à la puissance et à la résistance.

1er *genre.* — Dans le levier du premier genre (fig. 275),



Levier réel.



Les ciseaux.

Fig. 275 et 276. — Leviers du premier genre.

le point d'appui A est placé entre la puissance P et la résistance R.

Plus le bras de puissance sera grand par rapport au bras de résistance et plus il sera facile à l'ouvrier P de soulever la pierre R. Si le bras de puissance est dix fois plus grand que le bras de résistance, il suffira d'une puissance dix fois plus petite que la résistance pour vaincre cette dernière. La puissance s'exerce *de haut en bas*.

La balance, les ciseaux de la couturière, les tenailles, sont des leviers du premier genre.

2e *genre*. — Dans le levier du deuxième genre, la ré-

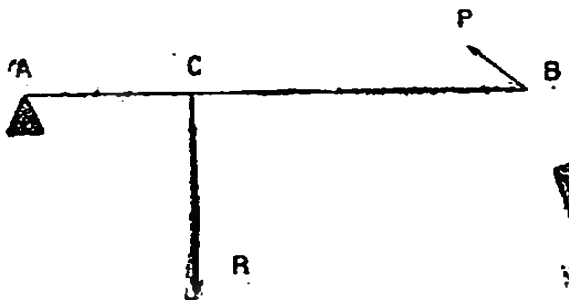


Schéma.

Levier réel.

Fig. 277 et 278. — Levier du deuxième genre.

sistance R est placée entre le point d'appui A et la puissance P (fig. 278).

Cette fois, l'ouvrier P agit *de bas en haut* pour soulever son fardeau.

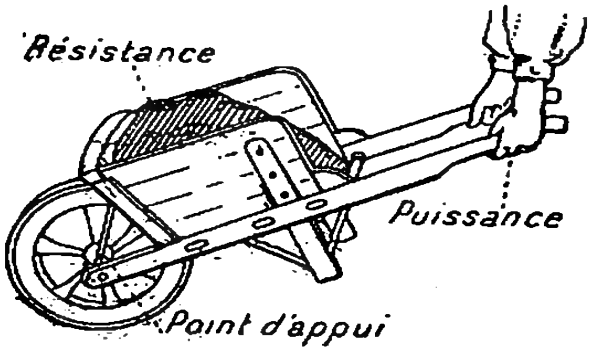


Fig. 279. — La brouette est un levier du 2e genre.

Les avirons des bateaux sont des leviers du deuxième genre, le point d'appui est l'eau, la résistance est le bord du bateau, la puissance, le rameur; de même le casse-noisettes, la brouette, le couteau du boulanger, etc.

3e *genre*. — Enfin, dans le troisième genre, c'est la puissance (fig. 280) qui se trouve placée entre le point d'appui et la résistance.

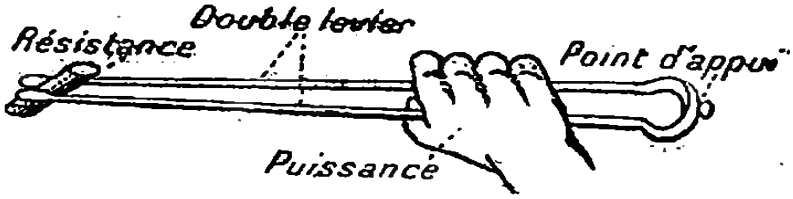


Fig. 280. — Les pincettes sont un levier du 3e genre.

Le levier de ce genre n'est pas employé

à diminuer l'effort, mais à accélérer la vitesse.

Nous en trouvons un exemple dans la pédale du rémouleur : un léger mouvement de son pied fait mouvoir rapidement l'extrémité de sa pédale dont le mouvement est transmis par une corde à la meule.

Les pincettes sont un autre levier du troisième genre.

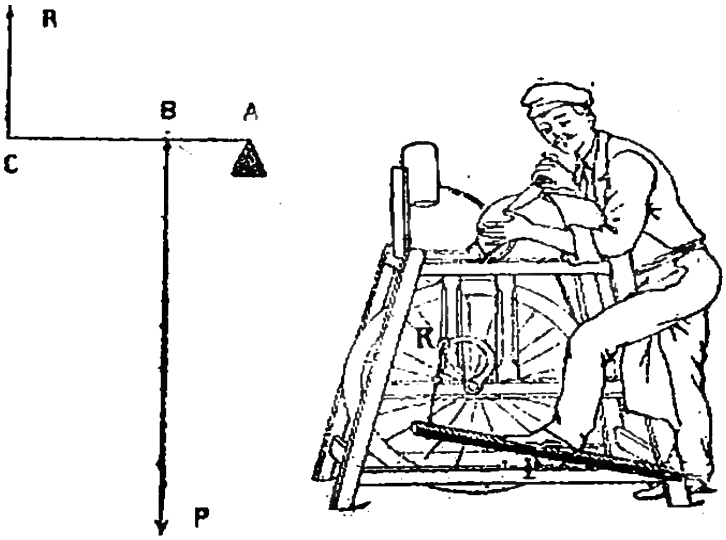


Schéma. Levier réel.

Fig. 281. — Levier du troisième genre.

BALANCE

7. Définition. — 1. La **Balance** est un instrument qui sert à comparer le poids d'un corps à celui qui a été pris comme unité, le gramme ou le kilogramme.

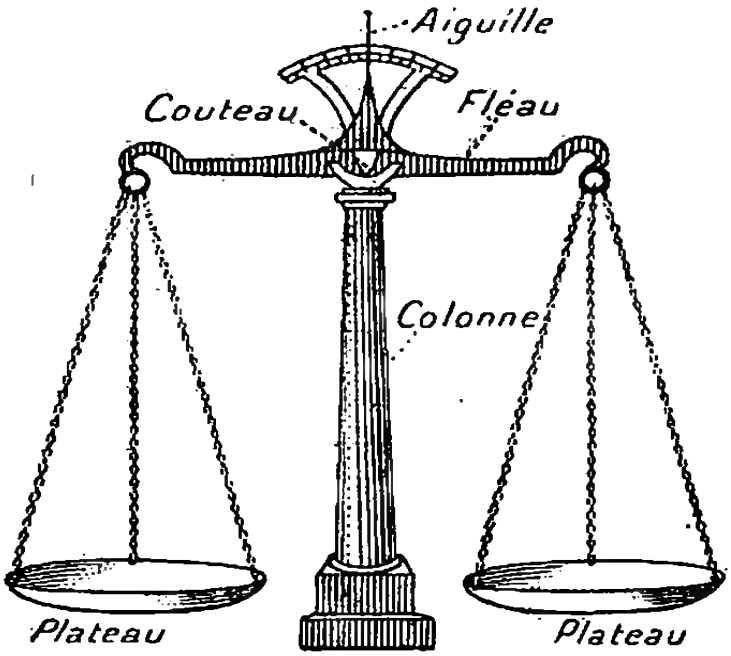


Fig. 282. — Fléau de la balance.

2. C'est un levier du premier genre composé essentiellement d'une barre rigide de fer ou de cuivre (fig. 282), appelée *fléau*, traversée ordinairement en son milieu par un prisme triangulaire en acier, appelé *couteau*. L'arête du couteau repose, sur un plan fixe de matière très dure, d'acier ou d'agate, supporté par le **pied** de la balance. A l'extrémité de

chaque bras de fléau est suspendu par des chaînes un plateau. Une aiguille est fixée perpendiculairement au fléau, en son milieu, et mobile avec lui; elle se meut devant un cadran fixe supporté par le pied de la balance. Ce cadran est réglé de telle sorte que l'aiguille se trouve en regard du 0 lorsque le fléau est horizontal, c'est-à-dire *en équilibre*. Pour que cet équilibre existe, il faut que le poids du corps mis dans un des plateaux égale exactement celui des poids marqués placés dans l'autre.

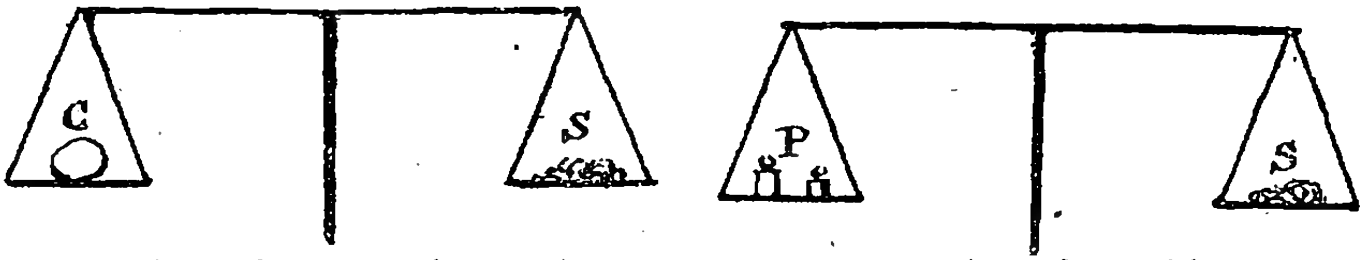
3. Pour qu'une balance soit BONNE, il faut qu'elle soit *juste* et *sensible*.

4. Elle est juste quand, ses plateaux étant chargés de poids rigoureusement égaux, le fléau se tient horizontal. Elle est sensible quand le plus petit poids placé dans un des plateaux suffit à rompre l'horizontalité du fléau. Une balance est d'autant plus sensible que le fléau est plus léger, les bras de levier plus longs et le centre de gravité plus près du point d'appui.

8. Pesée simple. — Avec une balance parfaite, on obtient le poids d'un corps en plaçant, dans un des plateaux, le corps à peser, et, dans l'autre, des poids marqués en nombre suffisant pour établir l'équilibre. La lecture de ces poids donne le poids du corps.

Mais il est rare que les balances ordinaires soient exactes ; avec une balance non exacte on peut obtenir le poids exact d'un corps, au moyen de la *double pesée*.

9. Double pesée. — Pour cela, on place le corps à



Tare du corps à peser. Substitution de poids marqués au corps.

FIG. 283 — Double pesée de Borda.

peser C (fig. 283) dans l'un des plateaux, et dans l'autre on met des corps pesants quelconques S, sable, grains

de plomb, etc., jusqu'à parfait équilibre. On retire ensuite le corps C et on le remplace par des poids marqués P. Lorsque l'équilibre est rétabli, la lecture de ces poids donne exactement le poids du corps. Cette opération porte le nom de *double pesée de Borda.*

10. Différentes espèces de balances. — 1. La balance de *Roberval* (fig. 284) diffère de celle que nous venons de décrire en ce que les plateaux se trouvent maintenus par deux tiges au-dessus du fléau dissimulé dans une boîte. Cette balance est surtout employée par les débitants de tabac, les boulangers et tous les commerçants, pour de faibles pesées. Ce n'est qu'une modification de la balance ordinaire pour rendre plus facile la manipulation des poids et des objets à peser.

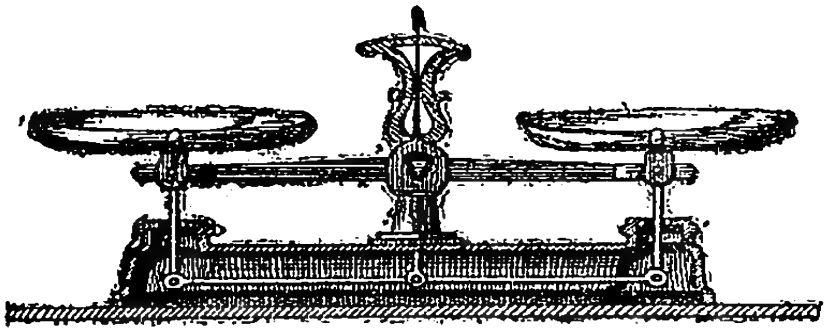


Fig. 284. — Balance de Roberval.

2. Pour peser de lourds fardeaux, on emploie la *bascule*, généralement réglée au dixième (fig. 285), c'est-à-dire que, pour peser 10 kilogrammes, il suffit d'employer un poids marqué de 1 kilogramme.

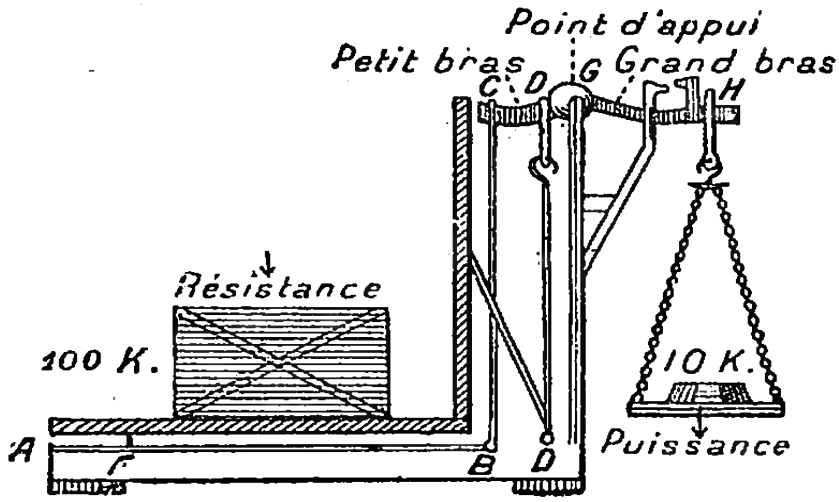


Fig. 285. — Bascule (Balance de Quintenz).

C'est aussi une application du levier du premier genre.

La partie de la résistance qui agit en F sur le levier AB, agit en C sur le levier CH.

L'autre partie de la résistance agit en D sur le levier DH.

Mais on a AB = AF × 5 ; et DH = CG × 2, d'où 1 kg. en H fait équilibre à 2 kg. en C et à 2 kg. × 5 ou 10 kg. en F.

On a d'autre part GH = DG × 10, d'où 1 kg. en H fait équilibre à 10 kg. en D.

Les deux parties de la résistance sont donc équilibrées en H, et par conséquent au plateau des poids, par un poids 10 fois plus petit.

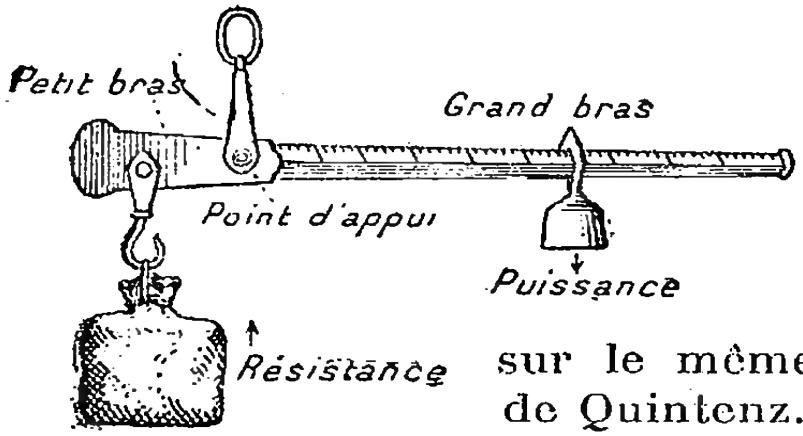


Fig. 286. — Balance romaine.

La balance romaine est fondée sur le même principe que celle de Quintenz. Elle est portative et ne nécessite pas l'emploi de poids marqués ; sur son grand bras gradué peut glisser un poids qui, suivant sa position, équilibre le poids du corps suspendu à l'extrémité du petit bras.

RÉSUMÉ

1. Pesanteur. — La pesanteur est une force qui attire tous les corps vers le centre de la terre. *Dans le vide, tous les corps tombent avec la même vitesse* (expérience du tube de Newton).

2. Direction de la pesanteur. — La direction de la pesanteur est *verticale*, elle est indiquée par le fil à plomb. L'*horizontale* est perpendiculaire à la verticale.

Le *fil à plomb* et le *niveau* servent à tous ceux qui ont besoin de connaître la direction verticale et l'horizontale.

3. Centre de gravité. — Le centre de gravité d'un corps homogène et de forme géométrique se confond avec le centre de figure. Il y a trois sortes d'équilibre : *stable*, *instable*, *indifférent*.

4. Pendule. — Le pendule est un corps pesant suspendu à l'extrémité d'un fil.

Lorsqu'on éloigne un pendule de sa position verticale, il produit des oscillations d'une parfaite régularité comme

temps. Ce mouvement régulier sert à régler les horloges et les pendules.

5. Levier. — Les leviers servent soit à accroître des forces, soit à augmenter des vitesses.

Dans tout levier on considère un point *d'appui*, une *puissance* et une *résistance*.

6. Différents genres de leviers. — Dans le levier du *premier genre*, le point d'appui est placé entre la puissance et la résistance, mais plus près de cette dernière.

Dans le levier du *deuxième genre*, la résistance est placée entre le point d'appui et la puissance.

Dans le levier du *troisième genre*, la puissance est placée entre le point d'appui et la résistance. Dans ce levier on gagne de la vitesse, mais on perd de la force.

7. Balance. — La balance sert à comparer le poids d'un corps à l'unité de poids. C'est un *levier du premier genre* à bras égaux. Son *fléau* est traversé par un *couteau* qui repose sur le *pied*. Elle est en équilibre quand son aiguille est en regard du 0 du cadran.

8. Pesée simple. — Une bonne balance doit être *juste* et *sensible* afin de donner exactement le poids d'un corps avec une simple pesée.

9. Double pesée. — Avec une balance inexacte on peut trouver le poids exact d'un corps en pratiquant la *double pesée* de Borda.

10. Différentes espèces de balances. — La *balance Roberval*, la *bascule* au dixième et la *balance romaine* sont d'autres genres de balance basés sur l'application des leviers du premier genre.

EXPÉRIENCES A FAIRE

1. Abandonner en même temps dans l'air une bille, un bouchon, une plume ; ils ne toucheront pas le sol en même temps.
2. Prendre deux feuilles de papier, rouler l'une en boule, laisser l'autre en feuille, et les laisser tomber toutes deux : la boule déplaçant moins d'air que la feuille atteindra le sol la première.
3. Pour montrer que c'est bien la résistance de l'air qui empêche les corps de tomber également vite, mettre un duvet dans une boîte ouverte et laisser tomber le

tout ; le duvet accompagnera la boîte pendant toute la chute.

Appliquer sur une pièce de 5 francs une rondelle de papier de même surface ; laisser tomber : la feuille et la rondelle arrivent ensemble à terre.

4. Faire un fil à plomb en attachant une pierre à une ficelle.
5. Mettre une règle en équilibre sur une lame de couteau. Le centre de gravité de la règle est au-dessus de la lame, à l'intérieur de la règle.
6. Transformer le fil à plomb en un pendule, en le mettant en mouvement.
7. Faire une pesée avec une balance ordinaire.
8. Vérifier si la balance est juste, en changeant les poids de côté.
9. Vérifier la sensibilité de la balance en ajoutant un ou plusieurs grains de sable dans un des plateaux de la balance en équilibre.
10. Faire une double pesée.

Questionnaire.

1-1. Qu'est-ce que la pesanteur ? — **2.** Pourquoi, dans l'air, tous les corps ne tombent-ils pas avec la même vitesse ? — **3.** En est-il de même dans le vide ? — **4.** Comment le prouve-t-on ? — **2-1.** Quelle est la direction de la pesanteur ? Par quel instrument est-elle donnée ? — **2.** Qu'est-ce que le fil à plomb ? — **3-1.** Qu'est-ce que l'horizontale ? — Par quel instrument est-elle donnée ? — **2.** Qu'appelle-t-on centre de gravité ? — **3.** Combien y a-t-il de sortes d'équilibres ? — **4.** Quelles sont les propriétés des oscillations du pendule ? — **5-1.** Qu'est-ce qu'un levier ? — **2.** A quoi servent les leviers ? — **6.** Combien distingue-t-on de sortes de leviers ? — **1.** Que savez-vous du levier du premier genre ? — **2.** Du levier du deuxième genre ? — **3** Du levier du troisième genre ? — Citez des exemples de ces trois genres de leviers ? — **7-1.** A quoi sert la balance ? — **2.** De quoi se compose-t-elle ? — **3.** Quelles sont les qualités d'une bonne balance ? — **4.** Quand une balance est-elle juste, sensible ? — **8.** Comment fait-on une pesée simple ? — **9.** Une double pesée ? — **10-1.** A quoi sert la balance Roberval ? — **2.** La bascule ?

Rédaction : 1° Décrire un niveau de maçon ; indiquer l'usage que l'on en fait.

2° Décrire une balance ordinaire ; indiquer quelles conditions elle doit remplir pour être juste et sensible.

CHAPITRE II

ÉQUILIBRE DES LIQUIDES

1. Horizontalité de la surface. PRINCIPE. — 1. *La surface libre d'un liquide au repos est horizontale.*

2. Cette propriété est une conséquence de l'état même des liquides, dont les molécules glissent si facilement les unes sur les autres. La molécule C (fig. 287), par exemple, prise sur la surface inclinée AB, ne pourrait pas rester en repos dans cette position ; elle glissera sur les voisines, plus basses, ce qu'elle ne pourrait faire si toutes les autres molécules de la surface étaient au même niveau horizontal.

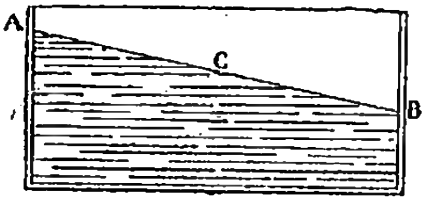


FIG. 287. — Surface horizontale d'un liquide.

2. Liquides superposés. — 1. Si dans un même flacon (fig. 288) on met du mercure, de l'eau, de l'huile, et qu'on agite le mélange, on verra, après repos, les liquides séparés, l'huile en haut, puis l'eau, puis le mercure au fond ; ils se trouvent placés par ordre de densités croissantes, à partir du haut.

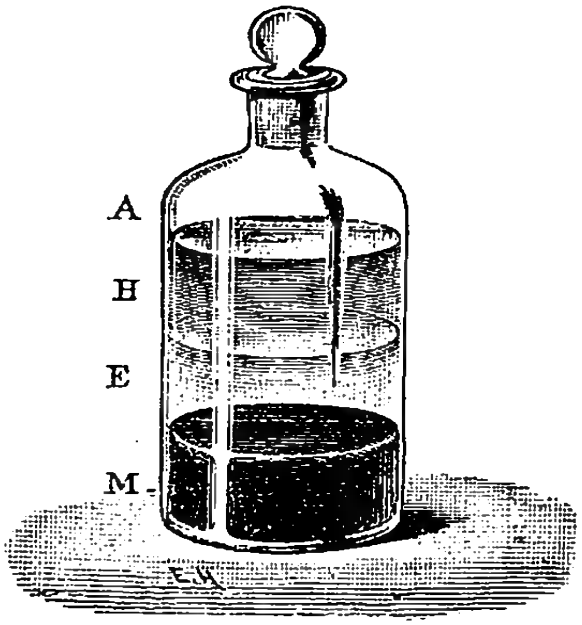


FIG. 288.
Fiole des trois éléments.

2. C'est ainsi qu'à l'embouchure des fleuves, on trouve sous l'eau douce une couche d'eau de mer qui s'étend encore loin de l'embouchure.

Si l'on verse doucement du vin ou de l'alcool sur de l'eau, ils resteront à la surface sans se mélanger à l'eau tant qu'on n'agitera pas le verre.

C'est ce qu'on remarque encore dans la veilleuse contenant de l'huile et de l'eau ; l'huile surnage sur l'eau.

3. Niveau à bulle d'air. — 1. Si on enferme dans un tube un liquide et de l'air, l'air plus léger que le liquide occupera toujours le point le plus élevé du tube.

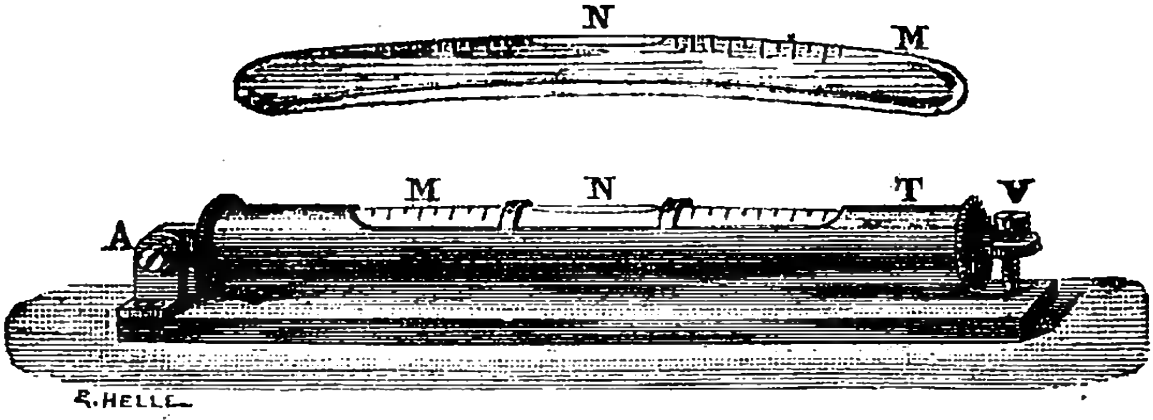


FIG. 289. — Niveau à bulle d'air sur une surface horizontale.

C'est le principe du *niveau à bulle d'air* (fig. 289). Il se compose d'un tube de verre M fermé à ses deux extrémités, légèrement bombé en son milieu, rempli presque complètement d'eau, laissant seulement à sa surface une bulle d'air N. Le tube est enfermé dans une gaine en cuivre T, reposant sur une surface plane appelée *platine*.

2. Si la platine est posé sur un plan horizontal, la bulle d'air occupera le point le plus élevé du tube et sera visible au milieu du tube entre les deux index ; sinon, elle se dirige vers l'une ou l'autre extrémité.

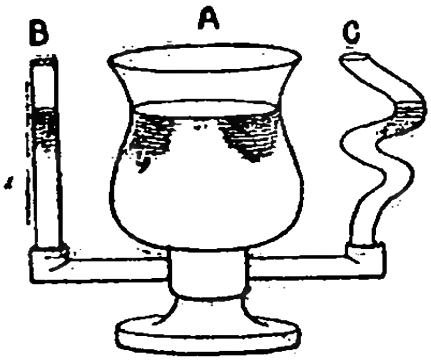


FIG. 290. — Vases communicants.

VASES COMMUNICANTS

4. PRINCIPE. — 1. *Les surfaces libres d'un même liquide dans plusieurs vases communicants sont dans un même plan horizontal*, quelle que soit la forme des vases.

2. On vérifie ce principe en versant de l'eau (fig. 290) dans un vase A qui communique avec deux autres, B et C. Cette eau se maintient constamment à la même hauteur dans les trois vases.

5. Application du principe des vases communicants. — 1. *Jets d'eau.* — Les jets d'eau sont une application du principe des vases communicants ; on y trouve toujours un réservoir contenant de l'eau (fig. 291) et communiquant avec un bassin. Le réservoir est élevé au-dessus du bassin. Si l'on ouvre le robinet, l'eau jaillit et devrait s'élever jusqu'au niveau de l'eau dans le réservoir. Mais le frottement dans les tuyaux, la résistance de l'air et le poids des gouttelettes qui retom-

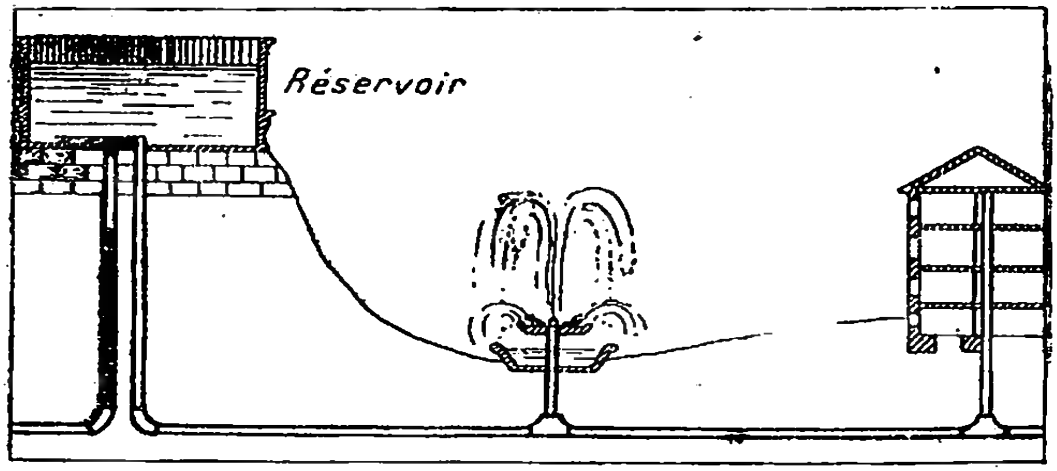


Fig. 291. — Distribution d'eau. — Canalisation souterraine et jet d'eau.

bent sur celles qui s'élèvent sont autant de causes qui nuisent à l'élévation du liquide.

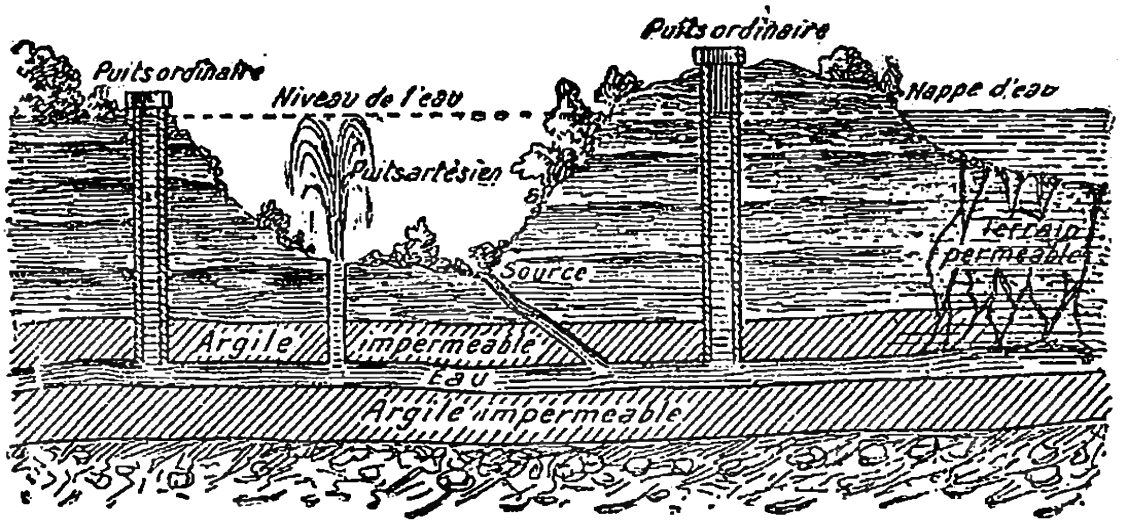
2. *Distribution de l'eau.* — La distribution de l'eau dans les maisons des villes est faite par un procédé semblable à celui du jet d'eau ; un réservoir placé sur le quartier le plus élevé communique par des conduits souterrains avec toutes les maisons de la ville. Lorsqu'on ouvre les robinets, l'eau s'écoule, en vertu du principe des vases communicants.

3. *Puits artésiens.* — L'écorce du globe et composée de terrains superposées dont les uns formés de graviers, de sable, sont *perméables* à l'eau, les autres formés d'argile sont *imperméables.*

Admettons qu'il se trouve à quelque profondeur deux terrains imperméables d'une grande étendue renfermant entre eux une couche perméable, admettons en outre que ces terrains se relevant soient en com-

munication avec une *réserve* d'eau : rivière, fleuve, étang, etc. L'eau de cette réserve s'infiltrera entre les couches imperméables et constituera une nappe d'eau souterraine.

Si en un endroit quelconque, une fissure se pro-



Les infiltrations de la nappe d'eau à travers le terrain perméable s'accumulent entre deux couches imperméables. L'eau souterraine cherchera toujours à retrouver le niveau de la nappe aérienne ; elle s'élève dans les puits ou s'échappe par des fissures naturelles produisant des sources.

Fig 292. — Puits artésien.

duit dans les terrains recouvrant la nappe d'eau, l'eau s'écoulera naturellement au dehors donnant ainsi naissance à une *source*.

Si l'on creuse le sol jusqu'à la nappe souterraine, on obtiendra un *puits* dans lequel l'eau s'élèvera jusqu'au niveau de l'eau de la réserve.

Si le trou pratiqué est très étroit, l'eau en jaillira : ce sera un *puits artésien*.

L'eau de ces puits est quelquefois plus chaude que l'eau ordinaire, car elle peut venir d'une grande profondeur.

4. Niveau d'eau. — Le niveau d'eau (fig. 293) se compose d'un tube en fer-blanc recourbé à angle droit à ses deux extrémités, dans lesquelles s'emboîtent deux cylindres de verre. Le tout est porté par un pied à trois branches. On introduit de l'eau dans le tube par l'un des cylindres de verre jusqu'à ce que ceux-ci soient à

moitié pleins. Le rayon visuel tangent aux surfaces du liquide dans les deux cylindres sera horizontal, en vertu du principe des vases communicants.

Cet instrument est surtout employé dans les opérations de nivellement, et toutes les fois qu'on désire connaître la hauteur relative de deux points. Soit, par exemple, à chercher de combien de centimètres B (fig. 293) est plus élevé que A. Aux deux points A et B sont fixés

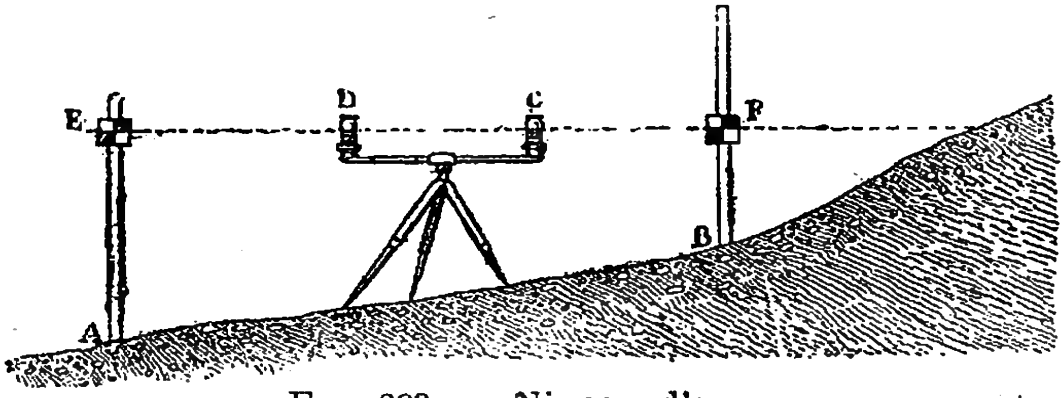


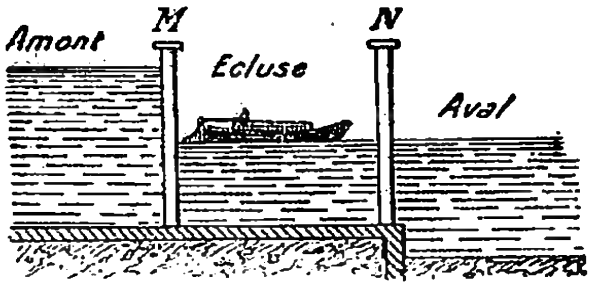
Fig. 293. — Niveau d'eau.

en terre deux montants verticaux ; entre ces points le niveau d'eau est installé. L'opérateur, placé d'abord en C, fait une visée suivant CD, et prévient un aide d'élever ou d'abaisser une plaque métallique appelée *mire*, se mouvant sur le montant fixé en A, jusqu'à ce que le rayon visuel tangent aux deux surfaces de liquide C et D passe par E, milieu de la mire. L'opérateur, placé ensuite en D, fait la même opération suivant DC et fait arrêter la mire qui se meut sur le montant B, quand son rayon visuel passe par le centre F de cette nouvelle mire. On mesure AE, puis BF, et la hauteur demandée est égale à :

$$AE - BF$$

5. *Écluses.* — Pour passer d'un bassin dans un autre, par eau, on aurait pu faire des brèches à la ceinture du bassin et relier ainsi les cours d'eau d'un bassin avec ceux de l'autre bassin. On a procédé plus économiquement en traçant des canaux divisés en *biefs* (fig. 294), séparés par de solides doubles portes MM à des endroits appelés *écluses*. Considérons deux biefs

contigus ; le bief d'*amont* est d'un niveau plus élevé que le bief d'*aval*. Un bateau se présente à l'aval. On ouvre la porte N d'aval de l'écluse ; le bateau peut passer dans l'écluse dont l'eau a le même niveau que le bief d'aval. On ferme la porte d'aval N ; on ouvre la porte d'amont M. L'écluse se remplit : l'eau s'élève au niveau du bief d'amont. On ouvre la porte d'amont. Le bateau passe dans le bief d'amont et continue sa route.



M, porte d'amont ; N, porte d'aval.
FIG. 294. — Écluse.

S'il se fût présenté à l'amont, on aurait ouvert la porte d'amont de l'écluse ; l'écluse se serait remplie ; le bateau y serait passé. On aurait fermé la porte d'amont, puis ouvert celle d'aval ; l'écluse se serait vidée lentement ; le bateau serait descendu et aurait passé dans le bief d'aval pour suivre sa route.

RÉSUMÉ

1. Principe d'horizontalité de la surface. — *La surface libre d'un liquide au repos est horizontale* ; c'est une conséquence de la constitution même des liquides.

2. Niveau à bulle d'air. — Le niveau à bulle d'air sert à vérifier si une surface est horizontale.

3. Liquides superposés. — Quand des liquides de densités différentes sont introduits dans un même vase, ces liquides se placent par ordre de densités croissantes, à partir du haut.

4. Principe des vases communicants. — *Dans des* vases communicants *les surfaces d'un même liquide sont dans un même plan horizontal.*

5. Applications. — Dans un *jet d'eau*, l'eau libre tend à s'élever aussi haut que celle du réservoir.

Il en est de même pour les *conduites de distribution* d'eau dans les maisons.

Un *puits artésien* est un jet d'eau naturel, son réservoir est remplacé par le cours d'eau souterrain qui, en certains endroits du sol, peut être plus élevé que la bouche du puits.

Le *niveau d'eau* sert à mesurer les différences des hauteurs de deux lieux voisins.

Les *écluses* permettent aux bateaux de passer d'un bassin dans un autre ; pour cela le canal est divisé en biefs.

EXPÉRIENCES A FAIRE

1. Faire un gros niveau à bulle d'air avec une bouteille presque remplie d'eau et bouchée. Lorsque la bouteille sera couchée horizontalement, on verra la bulle d'air au milieu du verre, si on l'incline légèrement, la bulle se déplacera.
2. Mettre dans un petit flacon de l'eau et de l'huile, agiter le flacon, puis le laisser reposer : l'huile surnagera.
3. Verser doucement de l'eau-de-vie sur de l'eau, et enflammer l'eau-de-vie.
4. Réunir deux entonnoirs par un tube en caoutchouc : verser de l'eau dans l'un d'eux, elle gagnera l'autre et s'y tiendra à la même hauteur.
5. Faire un jet d'eau en se servant d'un entonnoir comme réservoir, et d'un tube en caoutchouc dont on fermera l'ouverture libre, en la serrant avec les doigts tant qu'on n'aura pas mis d'eau en quantité suffisante dans l'entonnoir.
6. Faire un niveau d'eau en réunissant deux tubes de verre par un tuyau de caoutchouc.

Questionnaire.

1-1. Énoncez le principe de l'horizontalité de la surface des liquides. — 2. Pourquoi cette horizontalité ? — **2-1.** Décrivez le niveau à bulle d'air. — 2 Dites à quoi il sert. — **3-1.** Énoncez le principe des liquides superposés. — 2. Indiquez quelques conséquences de ce principe. — **4-1.** Énoncez le principe des vases communicants. — 2. Comment se vérifie ce principe ? — **5-1.** Comment se construit un jet d'eau ? — 2. Pourquoi l'eau s'élève-t-elle dans les maisons des villes ? — 3. Que savez-vous des puits artésiens ? — 4. Décrivez le niveau d'eau. — A quoi sert le niveau d'eau ? — 5. Qu'appelle-t-on bief ? écluse ? — Comment les bateaux peuvent-ils monter d'un bief dans un autre ?

Rédaction : 1° Décrire une écluse. Expliquer comment on fait monter un bateau de l'aval de l'écluse à l'amont et comment on le fait descendre de l'amont à l'aval.

2° Indiquer comment vous vous y prendriez pour installer un petit jet d'eau dans une cour ou dans un jardin.

CHAPITRE III

PRINCIPES DE PASCAL ET D'ARCHIMÈDE

1. Principe de Pascal. Transmission intégrale de la pression. — 1. *Un liquide, l'eau en particulier, possède la propriété de transmettre dans toute sa masse la pression qu'on exerce en l'une de ses parties seulement.*

2. De sorte que si, sur un centimètre carré de la surface d'un liquide on vient à exercer une pression de 1 kilogramme, tous les centimètres carrés pris sur la surface de la masse liquide recevront une poussée de 1 kilogramme, et 20 centimètres carrés par exemple, pris sur cette surface, recevront une poussée de 20 kilogrammes pour un effort seulement de 1 kilogramme exercé en un point de sa surface. C'est (fig. 297) sur cette propriété, qu'a révélée la célèbre expérience de Pascal, que repose l'expérience dite du crève-tonneau.

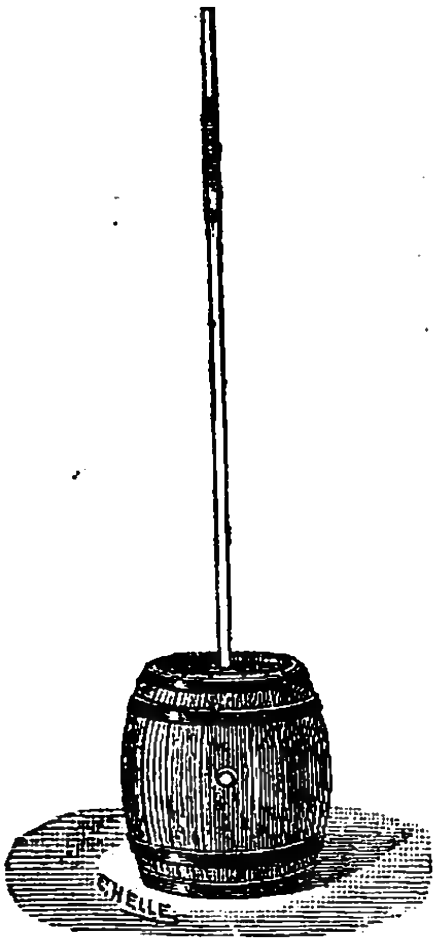


Fig. 297. — Crève-tonneau.

Sur le fond d'un tonneau déjà plein d'eau, Pascal avait dressé un long tube de verre d'un faible diamètre. Puis, par l'extrémité libre de ce tube, il versa de l'eau : il en avait à peine versé un litre que le tonneau éclatait sous la pression considérable de cette faible quantité d'eau.

Le fond du tonneau avait supporté une pression égale au poids de la colonne cylindrique d'eau qui

aurait eu pour base le fond du tonneau et pour hauteur toute la distance du fond au niveau de l'eau dans le tube.

2. **Presse hydraulique** (fig. 296). — 1. Elle se compose essentiellement de deux corps de pompe reliés entre eux, l'un de très petit diamètre K, l'autre de très grand diamètre D par rapport au premier. Quand l'appareil est plein d'eau, il suffit d'exercer sur l'eau du petit corps de pompe, à l'aide de son piston P, une pression de 10 kilogrammes pour soulever le gros piston (si la surface est 10 fois plus grande), avec une force 10 fois plus grande, soit 100 kilogrammes. Et c'est avec cette force que seront pressés, entre sa tête et une plate-forme fixe, les objets qu'on y aura déposés.

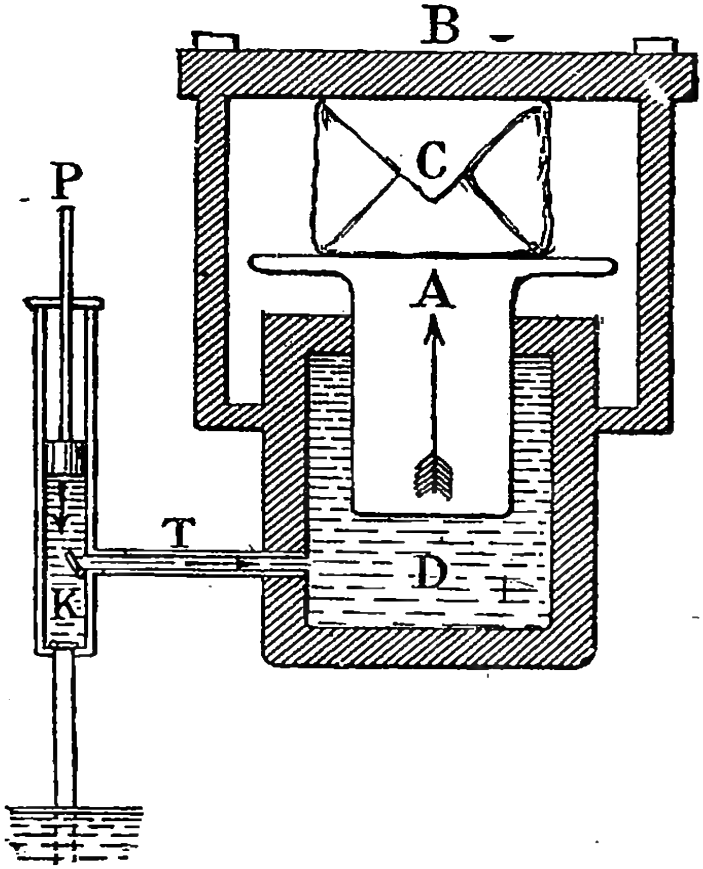


Fig. 296. — Presse hydraulique (figure schématique).

A, Plateau mobile ; — B Plate-forme fixe ; — C, Matière à comprimer, — D, Grand corps de pompe ; — K, Petit corps de pompe ; — P, Piston ; — T, Tuyau de communication.

2. C'est avec cette presse, modifiée suivant les usages auxquels on la destine, qu'on arrive à comprimer les matières embarrassantes : fourrages, balles de laine, de coton, de tourbe, qui encombreraient un navire sans le charger suffisamment ; qu'on extrait les liquides contenus dans certains fruits ou racines : olives, graines oléagineuses, betteraves, canne à sucre ; qu'on extrait des fleurs leurs huiles odorantes ; qu'on pousse à la mer les navires, etc. Avec une faible dépense de force on obtient des résultats d'une puissance considérable.

CORPS PLONGÉS DANS UN LIQUIDE

3. **Principe d'Archimède.** — 1. *Tout corps plongé dans un liquide reçoit une poussée de bas en haut égale au poids du liquide déplacé.*

2. De ce principe il résulte qu'un corps plongé dans l'eau, par exemple, paraît plus léger que lorsqu'il était dans l'air. Nous avons tous remarqué, en effet, qu'il est plus facile de soulever un corps quand il plonge dans l'eau que lorsqu'il est sorti de l'eau ; ce n'est pas parce que le corps a perdu de son poids, mais parce que la force signalée par Archimède s'est jointe à notre effort pour soulever le corps.

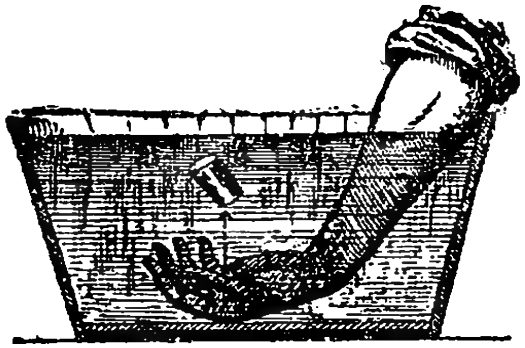


Fig. 297. — Le bouchon s'élève dans l'eau.

3. Il arrive même que certains corps n'ont pas besoin d'être aidés pour s'élever seuls dans l'eau : si, du fond d'un baquet plein d'eau, nous abandonnons un bouchon de liège, il se précipite vers la surface où il vient flotter (fig. 297). C'est que, pour lui, la poussée a été supérieure à son poids, parce que le liquide qu'il déplace pèse plus que le liège lui-même.

4. Alors, lorsque le poids d'un corps est plus lourd que le liquide qu'il déplace, le corps s'enfonce dans le liquide ; lorsque le poids d'un corps est plus faible que le liquide déplacé, il s'élève dans le liquide et vient flotter à sa surface; lorsque le poids d'un corps est égal à celui du liquide déplacé, il reste au sein de la masse liquide.

5. On vérifie ces 3 faits dans les expériences suivantes:

On prend trois vases A, B, C (fig. 298). Dans le vase A on verse de l'eau ordinaire ; si l'on y plonge un œuf frais, il descend au fond, son poids étant supérieur à celui de l'eau déplacée.

Dans le vase B on fait une dissolution de sel marin convenablement réglée, l'œuf plongé reste au milieu

de la masse liquide, si son poids est égal à celui de l'eau salée déplacée.

Dans le vase C on fait une dissolution de sel telle que l'eau ne pourrait pas en dissoudre une plus grande quantité, une dissolution saturée. L'œuf plongé s'élève et flotte à sa surface, parce que cette fois il est plus léger que le liquide déplacé.

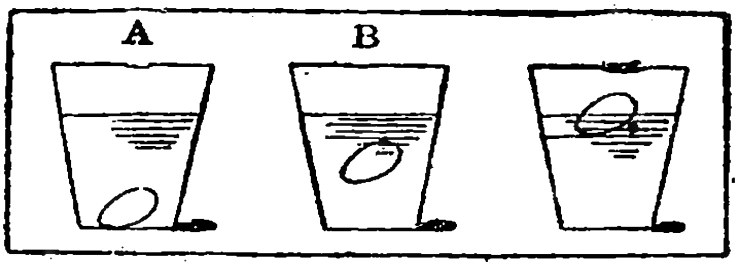


Fig. 298. — Un œuf s'enfonce dans l'eau pure, reste au milieu de la masse dans l'eau légèrement salée, surnage dans l'eau saturée de sel.

4. Conséquences. — 1. Normalement, l'homme est un peu plus lourd que l'eau ; sans mouvements, il ne pourra donc pas y flotter ; mais s'il vient à augmenter son volume, sans accroître sensiblement son poids, il peut flotter : c'est ce qui arrive, lorsqu'il s'attache sous les bras ou autour du corps des vessies pleines d'air ou des ceintures garnies de liège ou gonflées d'air.

2. Les cadavres des noyés remontent à la surface de l'eau, au bout d'un certain nombre de jours, parce que les gaz provenant de la décomposition gonflent les tissus et augmentent le volume du corps sans augmenter son poids.

3. Quand nous nous baignons dans la mer, nos pieds nus foulent les rochers sans y être blessés, parce que notre corps pèse sur eux d'un très faible poids ; mais aussitôt sur le rivage, nos pieds sont meurtris par les pierres sur lesquelles nous pesons de tout notre poids.

Le bateau sous-marin peut aussi être considéré comme une application du principe d'Archimède. On alourdit le bateau, quand on veut obtenir la *plongée*, en ouvrant les vannes de compartiments appelées Water-ballasts, afin qu'ils s'emplissent d'eau ; on pompe ou on chasse l'eau des Water-ballasts, au contraire, quand on veut alléger le bateau et produire l'*émersion*.

5. Applications du principe d'Archimède. **Aréomètres.** — 1. Tous les vins, tous les alcools, tous les

sirops, tous les laits ne sont pas également lourds ; ils peuvent être plus ou moins étendus d'eau. Pour reconnaître si l'un de ces liquides possède le degré de densité voulu, on plonge dedans un petit appareil dit aréomètre qui, enfonçant plus ou moins suivant le degré de densité du liquide, indique le degré de pureté de ce liquide.

Fig. 299. Aréomètre de Baumé.

2. Les aréomètres sont généralement de minces tubes en verre portant des graduations, renflés à leur partie inférieure et lestés par du mercure ou des grains de plomb. A l'inverse des thermomètres les aréomètres sont gradués de haut en bas.

3. Supposons qu'un sirop, pour avoir les qualités requises, doive laisser pénétrer, lorsqu'il y est plongé, l'aréomètre jusqu'au trait marqué 25, et qu'après essai, il s'y enfonce plus haut que 25, cela prouvera que la poussée du sirop sur l'aréomètre est trop faible, que le sirop est trop léger, qu'il contient trop d'eau ; on le laissera alors chauffer plus longtemps pour permettre à l'excès d'eau de s'évaporer.

4. Suivant les usages auxquels on les destine et suivant leurs graduations, les aréomètres s'appellent : *pèse-vins*, *pèse acides*, *pèse-sels*, *pèse-sirops*, *pèse-lait*, *pèse-éther*, *etc.*

RÉSUMÉ

1. Principe de Pascal. — *Un liquide possède la propriété de transmettre dans toute sa masse la pression qu'on exerce en l'une de ses parties seulement.*

Une pression de 1 kilogramme, exercée sur une portion de surface liquide, produit une poussée de 10 kilogrammes sur une autre portion de ce même liquide 10 fois plus grande.

2. Presse hydraulique. — Sur ce principe est fondée la *presse hydraulique*, qui sert à presser entre la tête de son gros piston et une plate-forme les objets à comprimer.

3. Principe d'Archimède. — *Tout corps plongé dans un liquide reçoit une poussée de bas en haut égale au poids du*

liquide déplacé. Un décimètre cube d'un corps qui pèse 5 kilogrammes dans l'air n'en pèsera que 4 dans l'eau.

Un œuf s'enfonce dans l'eau pure, reste au milieu de la masse dans l'eau légèrement salée, surnage dans l'eau saturée de sel.

4. Conséquences. — L'homme flotte dans l'eau s'il est muni de lièges; nous paraissons moins lourds dans l'eau que dans l'air.

5. Aréomètres. — Les *aréomètres* sont des instruments de verre, gradués et lestés, servant à reconnaître la densité des liquides, et par suite leur degré de pureté. Les principaux aréomètres sont; le pèse-vins, le pèse-acides, le pèse-sirops, le pèse-lait, etc.

EXPÉRIENCES A FAIRE

1. Vérifier le principe d'Archimède en suspendant un caillou au-dessous du plateau d'une balance : établir l'équilibre dans l'air, plonger ensuite le caillou dans l'eau d'une cuvette, l'équilibre sera rompu au profit du poids.
2. Faire flotter un bouchon sur l'eau.
3. Alourdir ce même bouchon avec des clous, pour qu'i soit immergé au milieu du liquide.
4. Alourdir de nouveau ce même bouchon pour le faire aller au fond du vase.
5. Faire avec un œuf et de l'eau plus ou moins salée l'expérience indiquée aux nos 3-5.
6. Faire un aréomètre avec un petit tube de verre bouché à une extrémité. Introduire dedans quelques grains de plomb ou de sable, pour le lester. Il enfoncera plus ou moins dans de l'eau moins ou plus salée.
7. Placer une lame de fer blanc sur l'eau, elle s'enfoncera; lui donner la forme d'une boîte en relevant les bouts, elle flottera.

Questionnaire.

1-1. Énoncez le principe de Pascal sur la pression des liquides — 2. Expliquez-le par un exemple. — **2-1.** Qu'est-ce que la presse hydraulique. — 2. A quoi sert-elle ? — **3-1.** Énoncez le principe d'Archimède. — 2. Quelles en sont les conséquences? — 3. Pourquoi certains corps, plongés dans un liquide, s'élèvent-ils d'eux-mêmes ? — 4. Quels sont les corps qui enfoncent dans un liquide? — Ceux qui flottent? — Ceux qui nagent au sein du liquide? — Comment vérifie-t-on ces faits ? — **4-1.** Comment l'homme parvient-il à flotter dans l'eau ? — 2. Pourquoi les noyés finissent-ils par remonter à la surface ? — 3. Prouvez par un exemple que votre corps pèse moins dans l'eau que dans l'air. — 4. Le bateau sous-marin n'est-il pas une

application du principe d'Archimède ? — 5-1. Qu'est-ce qu'un aréomètre ? — 2. Comment s'en sert-on ? — 3. Nommez quelques aréomètres.

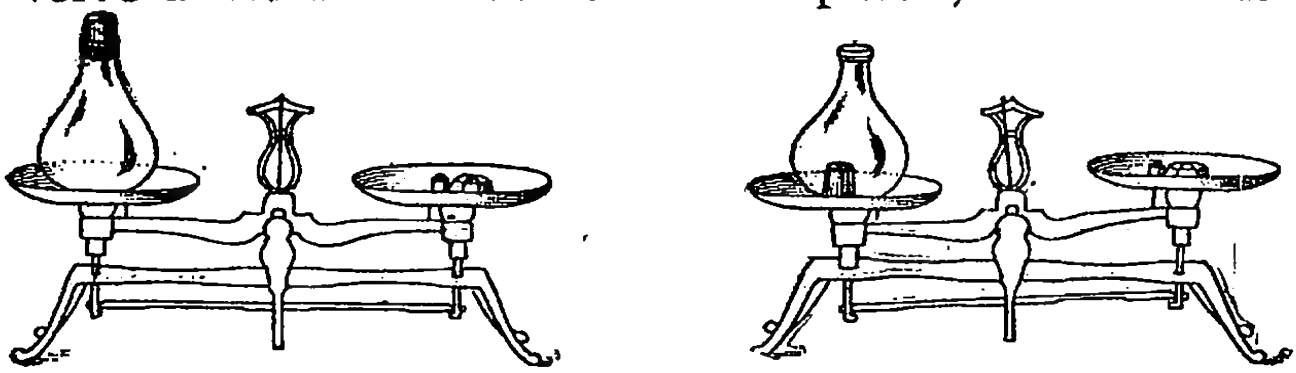
RÉDACTION : Le pèse-vins est gradué de bas en haut ; le pèse-sirops, au contraire, est gradué de haut en bas. Donnez-en la raison.

CHAPITRE IV

PRESSION ATMOSPHÉRIQUE

1. Pesanteur de l'air. — 1. Comme tous les corps de la nature, l'*air est pesant*. Si, jusqu'au dix-septième siècle, on avait considéré l'air et les gaz comme étant sans poids, c'est qu'on n'avait pas encore imaginé d'appareil capable de retirer l'air d'un récipient quelconque et qu'on se trouvait dans l'impossibilité de comparer son poids vide d'air avec son poids plein d'air. Mais dès l'invention de la *machine pneumatique*, il a été possible de faire des expériences desquelles il est résulté que l'air et les autres gaz sont pesants.

2. Vers 1630, Galilée, savant italien, prit un ballon de verre d'une dizaine de litres de capacité, et muni d'un



Ballon vide. Ballon plein d'air.

FIG. 300. — Expérience de Galilée.

robinet. Il fit, à l'aide d'une machine pneumatique, le vide dans le ballon et le pesa, après en avoir fait la tare. Ouvrant ensuite le robinet pour permettre à l'air d'emplir le ballon, il obtint, après pesée, un poids supérieur à celui qu'avait accusé la première pesée. Il dut en conclure que l'air est pesant : 1 litre d'air à 0° pèse, en effet, 1 gr. 293.

3. Puisqu'un litre d'air pèse 1 gr. 293, toute la couche

d'air qui enveloppe la terre, sous une épaisseur que certains savants indiquent comme pouvant aller jusqu'à 80 lieues, doit exercer sur elle une **pression** considérable; elle est en effet d'environ 10.330 kilogrammes par mètre carré pris à la surface de la terre.

2. **Preuves de l'existence de la pression atmosphérique.** — Diverses expériences vérifient l'existence de cette pression : le crève-vessie, le coupe-pommes, etc.

1. *Crève-vessie.* — On prend un cylindre de verre (fig. 301) et l'on ferme une de ses extrémités par une forte membrane de vessie tendue; on le place ensuite, par l'autre extrémité, sur la platine d'une machine pneumatique.

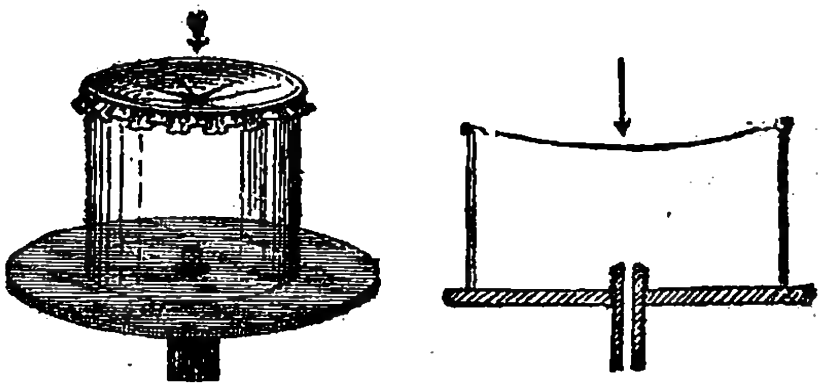


FIG. 301. — Crève-vessie.

Si la membrane est en ce moment tendue plane, c'est que la pression de l'air enfermé dans le cylindre est égale à la pression extérieure, et que sa force élastique qui agit de bas en haut sur la membrane fait équilibre à la pression atmosphérique, qui agit de haut en bas. Mais, dès qu'on commence à faire le vide dans le cylindre, la vessie se creuse de plus en plus, car la pression atmosphérique, restant constante, est de moins en moins équilibrée par la pression de l'air intérieur, qui diminue de plus en plus. Il arrivera même un moment où elle cédera sous la pression extérieure.

La membrane se crève, et l'air qui vient frapper contre les parois du vase fait entendre un bruit assez violent.

2. *Coupe-pommes.* — On prend un vase de verre ouvert aux deux bouts et terminé, d'une part, par une garniture métallique à bord aigu. On place le vase par son bord de verre sur la platine de la machine pneumatique

et l'on dépose une pomme sur la lame de la garniture métallique. Dès que la machine pneumatique fonctionne, que l'air se raréfie sous la pomme, celle-ci, poussée par la pression atmosphérique non équilibrée, s'appuie de plus en plus sur le couteau qui finit par la couper complètement. Elle pénètre alors violemment dans l'intérieur de l'appareil.

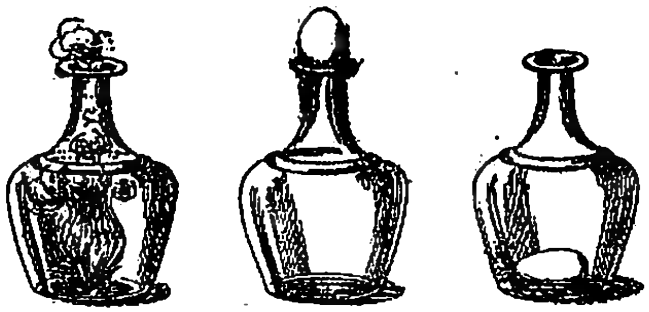


Fig. 302.
Expérience de l'œuf dans la carafe.

3. *L'œuf dans la carafe.* — On fait durcir un œuf qu'on dépouille ensuite de sa coquille. Puis on chasse l'air d'une carafe en projetant à l'intérieur du papier allumé; quand celui-ci est sur le point de s'éteindre, on ferme le col de la carafe avec l'œuf (fig. 302). A mesure que le refroidissement amène la diminution de la force élastique de l'air enfermé dans la carafe, on voit l'œuf dur s'allonger vers l'intérieur jusqu'à ce qu'il y pénètre complètement, poussé par la pression atmosphérique non équilibrée.

4. *Ventouse.* — Dans la ventouse on procède à peu près de la même façon : l'air est chassé d'un verre par la chaleur développée par la combustion d'un morceau de papier ; le verre est posé sur la peau, qui se trouve poussée dans l'intérieur du verre parce qu'elle supporte en cet endroit une pression inférieure à celle qui agit dans les régions voisines, et que les liquides et les gaz du corps humain y sont à la pression atmosphérique.

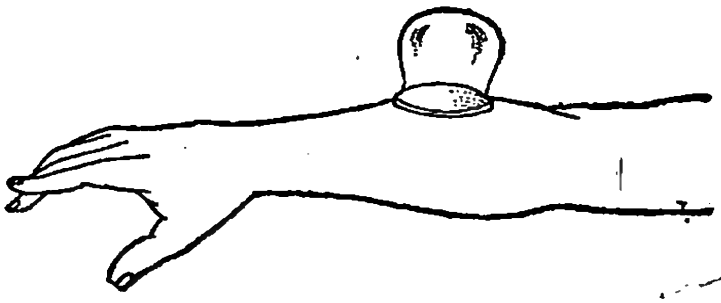


Fig. 303. — Ventouse.

5. *Pipette tâte-vin.* — Pour prendre, afin de le goûter, un petit échantillon de vin contenu dans un tonneau sans percer celui-ci, on introduit dans le trou

de la bonde une pipette; c'est un petit tube métallique ouvert à ses deux extrémités (fig. 304); pendant qu'une des extrémités est plongée dans le vin, on bouche l'autre avec le pouce; puis on retire la pipette du tonneau; le liquide ne s'écoule pas, tant que le pouce bouche l'autre extrémité; mais, dès qu'on lève le pouce le vin coule dans la petite tasse destinée à le recueillir pour la dégustation. C'était la pression atmosphérique qui maintenait le liquide et qui l'empêchait de s'écouler par le trou étroit et unique; mais, dès que la deuxième ouverture est débouchée, le liquide, obéissant à sa pesanteur, s'écoule.

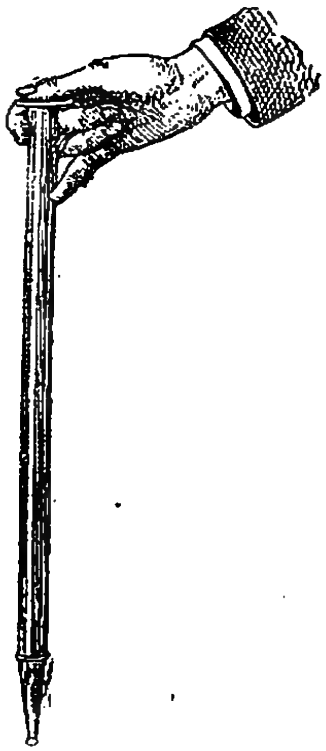


Fig. 304. — Pipette tâte-vin.

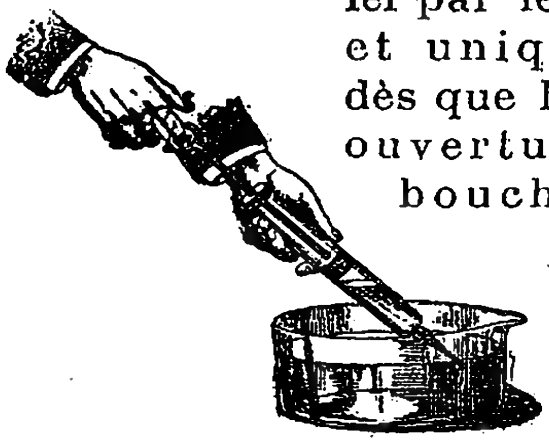


Fig. 305. — Seringue.

6. *Seringue.* — C'est encore la pression atmosphérique qui fait monter l'eau dans la seringue (fig. 305).

7. *Expériences faciles.* — On peut varier à l'infini les expériences qui démontrent la pression atmosphérique; on en décrit de nombreuses dans les livres de physique amusante.

Un verre complètement plein d'eau est recouvert d'une feuille de papier; si l'on retourne le verre (fig. 306), le liquide ne s'échappera pas si aucune bulle d'air n'est restée entre l'eau

Fig. 306. — Verre plein d'eau bouché par une feuille de papier.

et le papier; c'est la pression atmosphérique qui le maintient : le papier est là pour empêcher l'air de séparer la colonne d'eau et de monter au fond du verre retourné. On peut maintenir un sou collé le long d'un mur à parois bien polies, en le glissant sur la surface de telle sorte qu'aucune trace d'air ne reste entre le sou et le mur. La pression atmosphérique maintient alors le sou, etc.

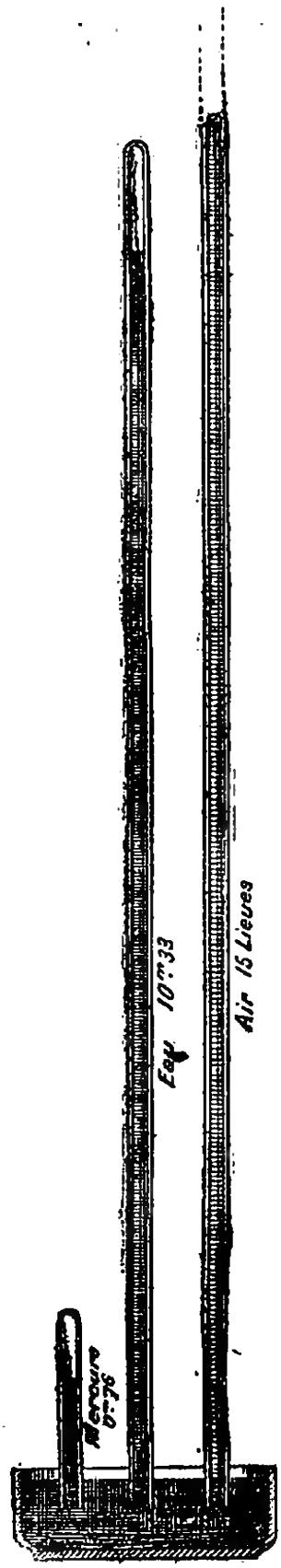


FIG. 307. — Pression atmosphérique. Une colonne de mercure de 0m76 équilibre une colonne d'eau de 10m33 ou une colonne d'air de la hauteur de l'atmosphère (15 lieues).

3. Evaluation de la pression atmosphérique. — 1. Dans l'expérience de la seringue (qui est une petite pompe aspirante), nous venons de constater qu'à mesure que nous tirons sur la tige l'eau se précipite dans la seringue pour combler le vide d'air qui s'est produit au-dessous du tampon. Les anciens expliquaient ce phénomène en disant que la « nature avait horreur du vide ». Mais on constata que si le tube d'aspiration d'une pompe à eau avait plus de 10 m. 33, l'eau montait bien jusqu'à 10 m. 33 dans le tube d'aspiration privé d'air mais pas au-dessus; que si l'on voulait aspirer du mercure, treize fois et demi plus lourd que l'eau, on ne pouvait l'élever avec une pompe aspirante plus haut que 76 centimètres et que la nature laissait très bien un vide au-dessus de 10 m. 33 d'eau ou de 76 centimètres de mercure.

Cette explication des anciens ne pouvait pas tenir, et c'est à la pression de l'atmosphère qu'il faut attribuer la poussée de l'eau ou du mercure dans un tube privé d'air, jusqu'à une hauteur

d'autant plus grande que le liquide est plus léger.

2. L'idée qu'il faut se faire de la *pression atmosphérique* est donc celle-ci : L'atmosphère pèse sur la terre et sur tous les êtres qui y vivent comme pèserait une couche d'eau haute de 10 m. 33 ou une couche de mercure haute de 76 centimètres. Et pour mesurer la pression atmosphérique, que de nombreuses circonstances font varier, il ne sera pas nécessaire de l'exprimer en kilogrammes, mais il sera suffisant de l'évaluer en hauteurs d'eau ou de mercure. Et lorsqu'on dira que la pression atmosphérique est de 760 millimètres, cela voudra dire qu'elle est égale au poids d'une couche de mercure enveloppant la terre sur une hauteur de 760 millimètres. L'instrument qui sert à peser ainsi la pression atmosphérique est le *baromètre à mercure*.

RÉSUMÉ

1. Pesanteur de l'air. — *L'air est pesant :* un litre d'air pèse 1 gr. 293. La pression atmosphérique est considérable : 10.330 kilogrammes par mètre carré.

2. Preuves de l'existence de la pression atmosphérique. — On la met en évidence dans les expériences suivantes : *crève-vessie*, *coupe-pommes*, *œuf dans la carafe*, *ventouse*, *pipette*, *seringue*, *verre renversé*.

3. Évaluation de la pression atmosphérique. — La pression atmosphérique équilibre une colonne d'eau de 10 m. 33, ou une colonne de mercure de 76 centimètres.

EXPÉRIENCES A FAIRE

On peut très facilement et sans grande dépense faire toutes les expériences indiquées dans le chapitre (œuf dans la carafe, ventouse, sou contre une vitre).

Questionnaire.

1-1. L'air est-il pesant ? — Pourquoi les anciens pensaient-ils le contraire ? — 2. Racontez l'expérience de Galilée. — 3. Combien pèse l'atmosphère par mètre carré ? — 2-1. Que savez-vous de l'expérience du crève-vessie ? — 2. Du coupe-pommes ? — 3. De l'œuf dans la carafe ? — 4. De la ventouse ? — 5. De la pipette tâte-vin ? — 6. Pourquoi l'eau monte-t-elle dans la seringue ? — 7. Citez d'autres expériences faciles. — 3. Jusqu'à quelle hauteur s'élève, dans un tube privé d'air, l'eau ? — le mercure ? — 2. Quelle conséquence en tire-t-on pour la pesanteur de l'atmosphère.

RÉDACTION : Décrire la pipette à vin ; expliquer pourquoi, lorsque l'extrémité supérieure est bouchée, le vin reste suspendu dans la pipette.

CHAPITRE V

BAROMÈTRES — BALLONS

I. — BAROMETRE

1. Baromètre à cuvette.— 1. D'une façon générale, le baromètre est un instrument qui sert à mesurer la pression atmosphérique. On en tire des indications pour prévoir les variations du temps.

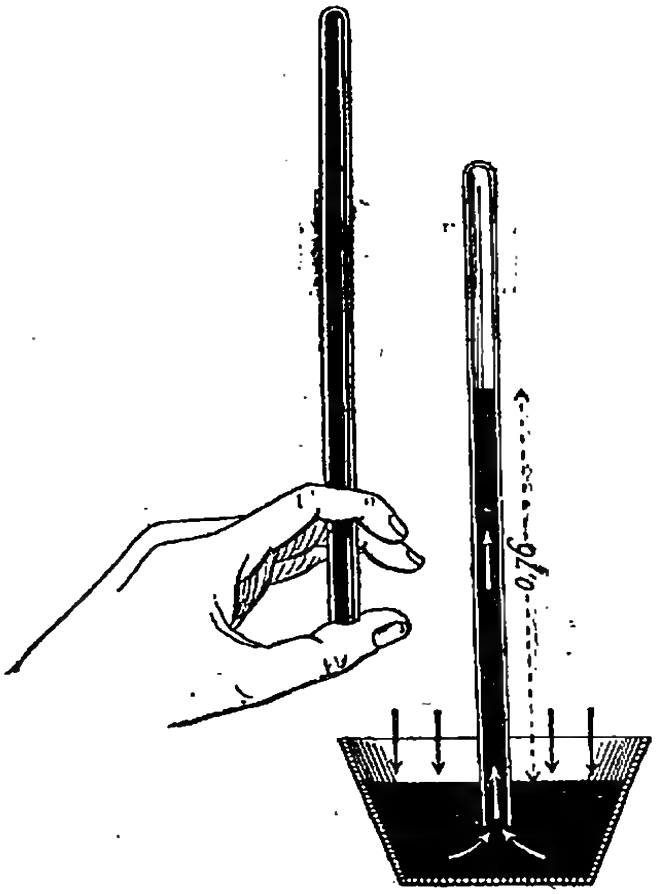


Fig. 308.— Tube de Toricelli.

2. Le baromètre à cuvette (fig. 308) se compose d'un tube de verre de 90 centimètres environ de longueur. Ce tube est d'abord rempli de mercure, que l'on purge d'air en le chauffant dans le tube jusqu'à l'ébullition. Le tube retourné est placé par son extrémité ouverte dans le mercure d'une cuvette à large diamètre. Le tout est ensuite dressé le long d'une planchette que l'on maintient verticale.

Une graduation en centimètres et millimètres est portée sur la planche, le long du tube ; et le zéro de cette graduation part du niveau libre du mercure dans la cuvette.

3. Pour faire la lecture de la pression atmosphérique, il suffit de voir quelle division de l'échelle se trouve

exactement en regard du niveau de mercure dans le tube.

La lecture ainsi faite fournira cependant très rarement la valeur exacte de la pression atmosphérique, car le zéro de l'échelle est fixe, tandis que le niveau libre du mercure dans la cuvette est à tout instant variable, et par conséquent rarement en face du zéro. On a donc tantôt une valeur trop forte, lorsque le niveau est au-dessus du zéro ; tantôt une valeur trop faible, lorsque le niveau est au-dessous du zéro. C'est dans le but d'atténuer cette cause d'erreur qu'on donne à la cuvette un grand diamètre (fig. 308) dans la partie qu'occupe le niveau libre du mercure. On a heureusement modifié le baromètre à cuvette qui offrait certaines difficultés et on se sert presque toujours du baromètre à siphon : dans celui-ci la pression atmosphérique est donnée par la différence des niveaux du mercure dans les deux branches du siphon.

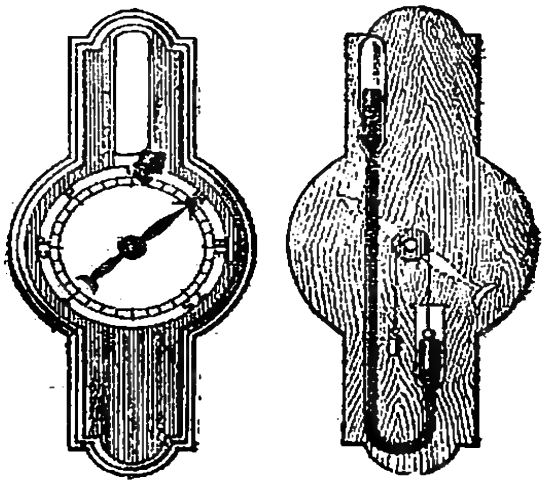


Fig. 309.— Baromètre à siphon.

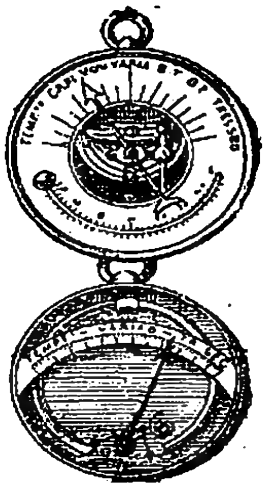


Fig. 310. Baromètre métallique.

2. Baromètre métallique. — Il existe encore d'autres espèces de baromètres, par exemple le baromètre métallique (fig. 310). C'est une caisse cylindrique en cuivre, à parois minces, fermée de toutes parts et munie sur une face d'un couvercle de verre. Un vide partiel est fait dans cette caisse. Dès que la pression atmosphérique vient à se modifier, elle fait plus ou moins fléchir le fond de la boîte, et ce sont ces flexions qu'un mécanisme simple communique à une aiguille mobile sur un cadran.

Quand la pression atmosphérique augmente, l'aiguille marche de gauche à droite ; si elle diminue, le fond de la boîte tend à revenir à sa forme première, entraînant l'aiguille de droite à gauche.

3. Usages du baromètre. — 1° On a remarqué que certaines modifications de la pression atmosphérique étaient habituellement suivies de changements d'états de l'atmosphère, au point de vue de sa pureté, de son calme, etc. Ainsi une diminution progressive de la pression est suivie de pluie ; une augmentation lente de pression est suivie de beau temps ; une brusque descente de la colonne mercurielle précède le grand vent. On trouve alors au-dessus des graduations du baromètre à cadran les indications : très sec, beau fixe, etc., qui correspondent aux hauteurs suivantes :

Très sec.	785 mm	Pluie ou vent . . .	749 mm
Beau fixe.	776	Grande pluie . . .	739
Beau temps. . . .	767	Tempête	731
Variable	758		

2° Puisque c'est la pression de l'atmosphère qui maintient le mercure dans le tube barométrique, plus nous nous élèverons au-dessus du sol moins il y aura d'air pour presser sur la cuvette du baromètre et moins le mercure devra s'élever dans le tube. On a calculé qu'en effet toutes les fois qu'on s'élevait de 10m50 environ, le mercure baissait de 1 millimètre dans le tube. Alors, pour *mesurer la hauteur d'une montagne* avec le baromètre à cuvette, on notera la hauteur du mercure au pied de la montagne, 754 millimètres par

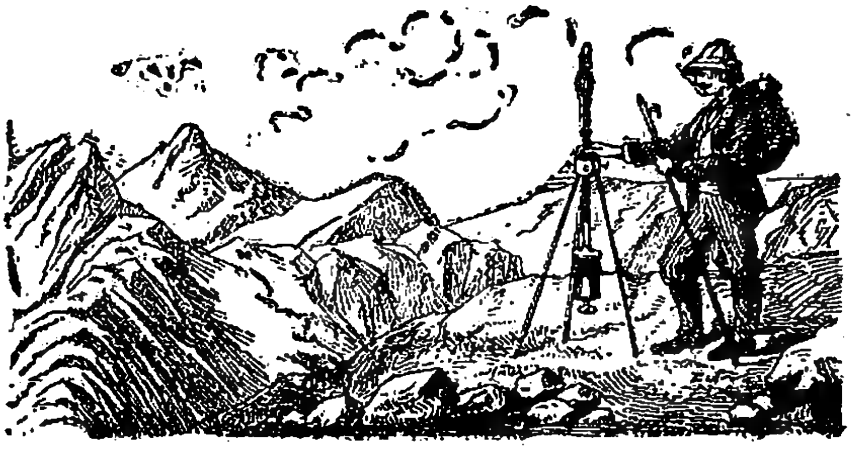


Fig. 311. — Mesure des hauteurs.

exemple, sa hauteur au sommet, 714 millimètres, et l'on multipliera 10 m. 50 par la différence des hauteurs 40 millimètres.

Soit 10 m. 50 × 40 = 420 mètres.

La montagne a environ 420 mètres de hauteur.

4. Manomètres. — Lorsque, au lieu de mesurer la pression atmosphérique, on veut mesurer la tension d'un gaz ou d'une vapeur, on emploie des appareils appelés *manomètres*. Ils ressemblent assez, comme aspect, au baromètre métallique.

Le manomètre est basé sur ce principe que le gaz — ou la vapeur — introduit dans le tuyau recourbé tend à le faire redresser. Les variations dans un sens ou dans l'autre sont indiquées par l'aiguille.

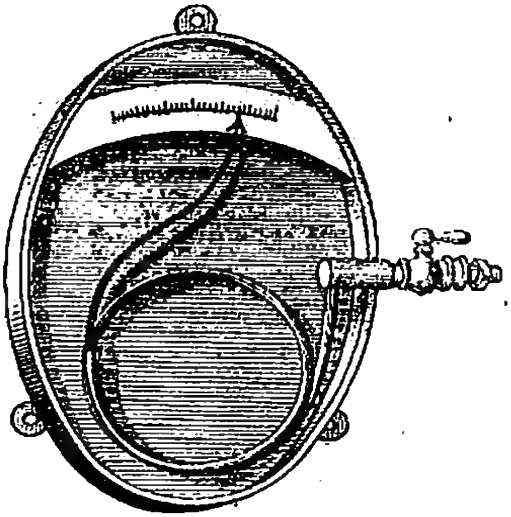


Fig. 312.
Manomètre métallique

II. — BALLONS

5. — 1. Le principe d'Archimède, dont nous avons parlé (p. 282), n'est pas seulement applicable aux corps plongés dans les liquides, il l'est aussi aux corps plongés dans les gaz. On le généralise en disant : *Tout corps plongé dans un fluide (liquide ou gaz) reçoit une poussée de bas en haut, égale au poids du fluide déplacé.*

2. Si nous plaçons dans l'air un corps dont le poids est inférieur au poids de l'air déplacé, il s'élève, obéissant à la poussée d'Archimède, comme s'élevait le bouchon plongé dans l'eau, sous l'influence de la même poussée.

C'est ce qui arrive pour les ballons.

6. Montgolfières. — 1. Les premiers ballons furent inventés par les frères Montgolfier, fabricants de

papier à Annonay, dont les essais remontent à 1783. Ces ballons, appelés montgolfières, étaient des cages d'osier recouvertes de papier. Un orifice largement ouvert, à la partie inférieure, permettait de chasser en partie, de l'intérieur, l'air froid qu'on faisait dilater. Pour obtenir cette dilatation on faisait du feu sous l'orifice, au moyen de substances produisant plus de fumée que de flamme, afin d'éviter d'enflammer l'appareil. Puisque la plus grande partie de l'air était chassée par la chaleur, l'ensemble, pesant moins que l'air déplacé, s'élevait, jusqu'à ce que, le feu s'éteignant, l'air pût rentrer. Le ballon descendait alors.

Fig. 313. — Montgolfière.

2. Le physicien Charles, ayant eu connaissance des essais des frères Montgolfier, mais sans indication sur la nature du gaz employé, répéta l'expérience en décembre 1783 avec un ballon rempli d'hydrogène et formé de toile fine, rendue à peu près imperméable à l'hydrogène à l'aide d'un enduit particulier.

On a réservé plus spécialement à ces derniers appareils le nom d'*aérostats*.

7. Disposition actuelle des aérostats. — 1. On emploie comme étoffe la soie, découpée en forme de fuseau et rendue imperméable par un enduit de plusieurs couches de vernis à base d'huile de lin. A la partie supérieure se trouve une soupape s'ouvrant de dehors en dedans et dont on peut tirer la tige au moyen de cordes qui traversent tout l'appareil et viennent s'attacher dans la nacelle, à portée de la main de l'aéronaute. Le ballon (fig. 314) se termine à la partie inférieure par une sorte de boyau, une manche d'appendice par laquelle on introduit le gaz ; la manche d'appendice communique librement avec l'atmosphère et per-

met à l'excès de gaz du ballon de s'échapper quand la pression à l'intérieur devient plus grande que celle de l'air environnant.

Un filet recouvre les deux tiers supérieurs du ballon, une partie des cordes, descendant de ce filet, supportent la **nacelle**, tandis que celles qui ont servi à retenir l'appareil avant le départ flottent librement dans l'air.

2. Le gaz généralement employé est celui qu'on fabrique pour l'éclairage, car l'hydrogène se conserve difficilement dans ces enveloppes de soie gommée; cependant on paraît devoir revenir à son emploi. Le gaz d'éclairage, étant moins léger que l'hydrogène, exige que le ballon ait un volume beaucoup plus grand pour obtenir la même force ascensionnelle. Un volet de déchirure a été disposé vers le sommet de l'enveloppe et relié à la nacelle par une corde pour permettre à l'aéronaute, en cas de danger, de donner issue au gaz et de redescendre.

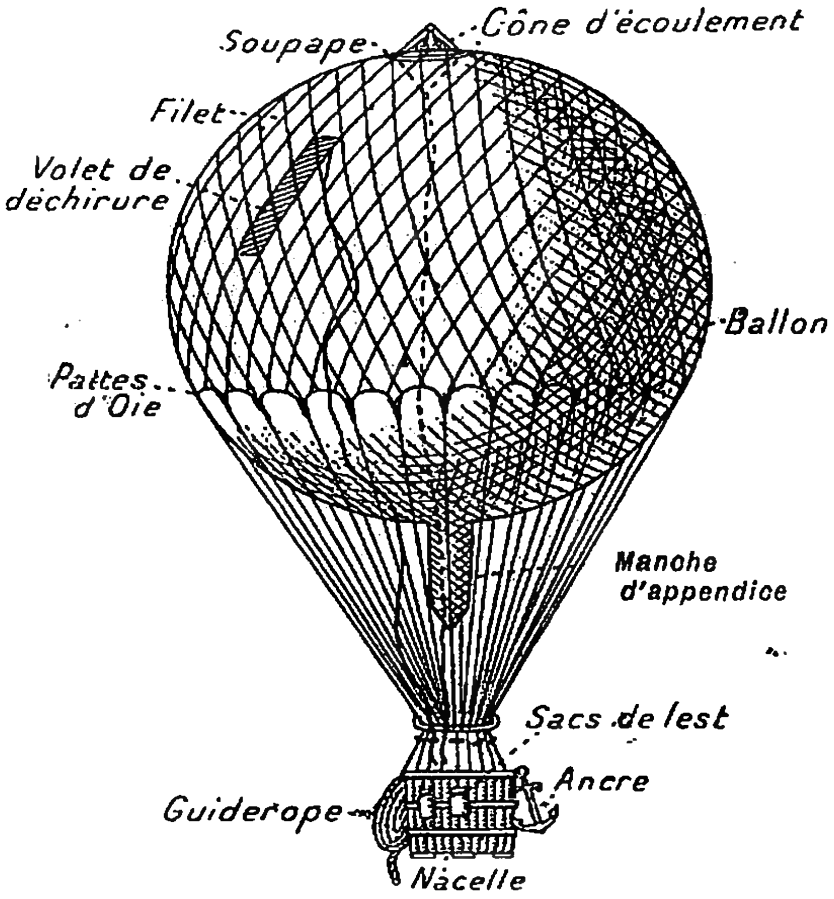


Fig. 314. — Ballon sphérique.

3. Un certain nombre de sacs de sable fin, qui constituent le *lest*, sont disposés autour de la nacelle pour être jetés en temps opportun. La nacelle est encore munie d'un guiderope, lon-

gue corde terminée par une ancre, qu'on déroule quand le ballon approche de terre pour diminuer sa vitesse et faciliter la descente.

4. Le baromètre est le guide indispensable de l'aéronaute qui a toujours les yeux sur lui pour savoir s'il monte ou descend ; son baromètre lui fournit non seulement le sens du mouvement vertical que le ballon possède, mais encore, après calcul, la hauteur à laquelle il est parvenu. Mais il suffit, quand on ne cherche qu'à savoir si l'on monte ou non, d'attacher aux bords de la nacelle une longue banderolle qui, à cause de la résistance de l'air, est toujours en retard sur le mouvement du ballon. Quand l'extrémité de la banderolle est dirigée vers le haut, c'est que le ballon descend; dans le cas contraire, il monte.

8. **Moyens de s'élever ou de descendre. Direction.** — 1. Pour s'élever, on n'a qu'un moyen : c'est de diminuer le poids du ballon en jetant peu à peu du lest. Pour descendre, on réduit le volume du ballon en laissant échapper, à l'aide de la soupape, une partie du gaz qui le gonfle.

On s'est servi des ballons en temps de guerre, pour observer les mouvements des armées ennemies et pour établir, avec l'aide des pigeons voyageurs, une correspondance entre les villes assiégées et les provinces non envahies. Les ballons du siège de Paris, en 1870, sont restés célèbres.

Jusque dans ces dernières années on n'était maître des mouvements du ballon que dans le sens vertical; on ne connaissait d'autre moyen de se diriger que celui qui consistait à monter ou à descendre jusqu'à ce qu'on eût trouvé un courant d'air qui menât dans une direction voisine de celle dans laquelle on désirait aller. L'atterrissement était une opération difficile et dangereuse.

2. Mais grâce aux premiers travaux de deux officiers français, MM. Krebs et Renard, puis à ceux tout récents de M. Julliot, des ateliers Lebaudy, qui a construit le premier ballon militaire *Patrie*, la navigation aérienne

est un problème à peu près complètement résolu La difficulté était de trouver un moteur assez puis-

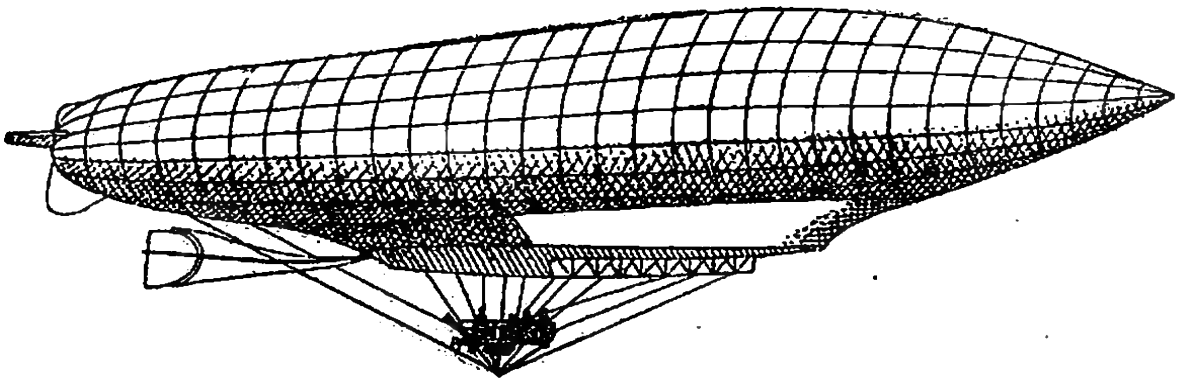


Fig. 315. — Le dirigeable *République*.

sant mais léger et peu encombrant. Grâce aux progrès accomplis dans la construction de moteurs de petites

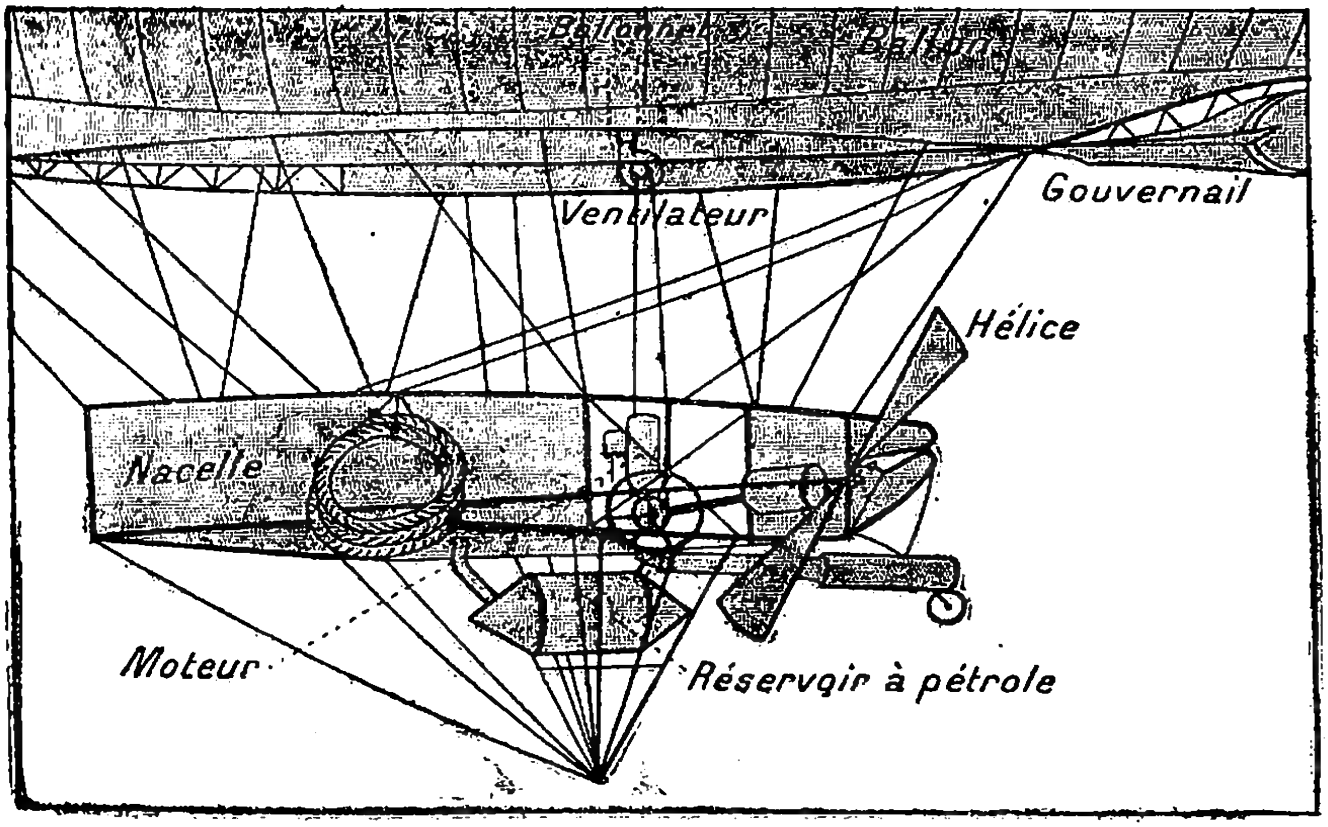


Fig. 316 — Nacelle et moteur du *République*

dimensions, on est parvenu à faire fonctionner une hélice qui sert d'organe propulseur dans l'air comme celle des bateaux à vapeur dans l'eau.

On ne saurait oublier la grande part prise par Santos-Dumont dans la solution du difficile problème de la dirigeabilité des ballons. Le dirigeable *Patrie*, le plus parfait des navires aériens, fut affecté à la place de Verdun où il se rendit d'une traite, de Paris, en 1907. Quelques mois plus tard, le *Patrie* était enlevé dans les airs par une rafale et irrémédiablement perdu.

9. Aéroplanes. — De même que l'homme, *plus lourd*

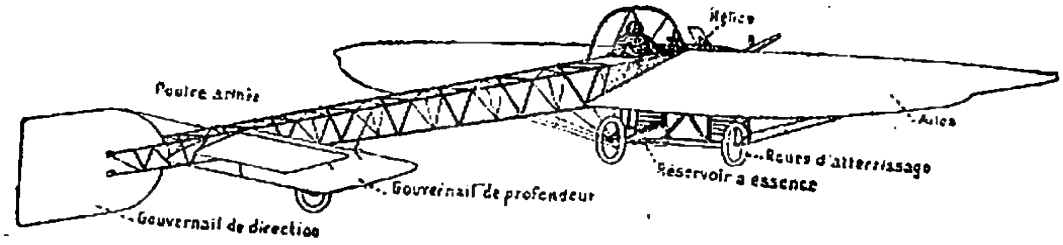


FIG. 317. — Aéroplane monoplan.

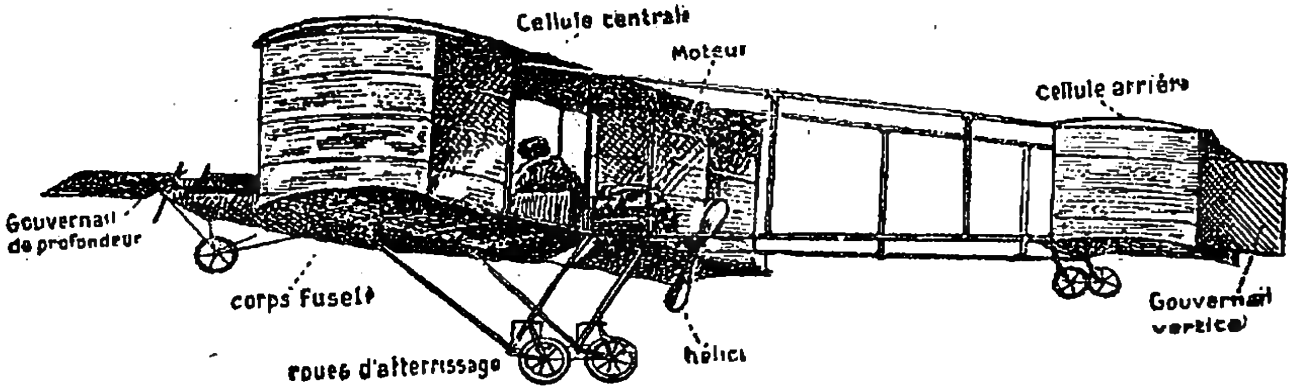


FIG. 318. — Aéroplane biplan.

que l'eau, peut flotter et nager en faisant des mouvements étudiés, permettant de trouver des points d'appui, de même il est possible que des corps *plus lourds que l'air* arrivent à s'y maintenir, en faisant également des mouvements convenables, imitant ceux de l'oiseau.

La question importante est toujours celle du moteur qui doit réunir, sous un petit volume et sous un faible poids, les conditions de force et de précision.

De nombreux ingénieurs français, Ader, Trouvé, Blériot, Levasseur, Voisin, ont fait dans ces dernières années de multiples essais dans le domaine de la navi-

gation aérienne avec des *plus lourds que l'air*, et ont obtenu des résultats merveilleux.

Les aéroplanes sont des appareils formés de plusieurs plans inclinés, imitant ceux du cerf-volant de Hargrave et offrant à l'air une résistance comparable à celle des ailes de l'oiseau.

On distingue deux genres d'aéroplanes, selon qu'ils comportent un ou deux plans horizontaux de toile : les *monoplans* (systèmes Blériot, Levasseur, etc.) et les *biplans* (systèmes Voisin, Wright, Farmann, etc.).

RÉSUMÉ

1. Baromètres. — Le baromètre à mercure est un instrument qui mesure la pression atmosphérique et l'exprime en millimètres de mercure.

2. Baromètre métallique. — Le *baromètre métallique* est une boîte vidée, en partie, d'air; les flexions de son fond font mouvoir une aiguille qui se déplace devant un cadran gradué par comparaison avec un baromètre à mercure.

3. Usages du baromètre. — Le baromètre sert à *prévoir le temps ;* il sert à *mesurer* les hauteurs, sachant que 1 millimètre de mercure équilibre une hauteur de 10 m. 50 d'air.

4. Manomètre. — Le manomètre mesure la tension d'une vapeur.

5. Ballons. — Les ballons sont une application du principe d'Archimède ainsi généralisé : *Tout corps plongé dans un fluide (liquide ou gaz) reçoit une poussée de bas en haut, égale au poids du fluide déplacé.*

6. Mongolfières. — Dans les *montgolfières* la chaleur vide en partie l'intérieur; devenant plus légères que l'air déplacé, elles s'élèvent.

7. Disposition actuelle des aérostats. — Les *ballons* actuels sont gonflés d'un gaz plus léger que l'air, l'hydrogène ou le gaz d'éclairage.

8. Moyen de s'élever ou de descendre. Direction. — Pour *s'élever*, on jette du lest; pour *descendre*, on dégonfle le ballon.

Grâce à des expériences récentes, on peut se diriger en ballon.

9. Aéroplanes. — Les *plus lourds que l'air* (*aéroplanes*) peuvent s'élever dans l'air en effectuant des mouvements convenables.

EXPÉRIENCES A FAIRE

4. Enflammer du papier sous un sac en papier, l'ouverture en bas, le sac s'élèvera : c'est une montgolfière.

Questionnaire.

1-1. Qu'est-ce que le baromètre ? — **2.** De quoi se compose le baromètre à mercure ? Comment le construit-on ? — 3. La lecture de la pression atmosphérique donne-t-elle toujours un résultat exact ? — 4. N'a-t-on pas construit un baromètre à mercure plus pratique ? — **2.** Décrivez le baromètre métallique. — **3-1.** A quoi sert le baromètre ? — 2. Pourquoi le baromètre permet-il de mesurer la hauteur des montagnes ? — **4.** Que savez-vous du manomètre ? — **5-1.** Énoncez en termes généraux le principe d'Archimède. — 2. Que deviennent, dans l'air, les corps plus légers que l'air ? — **6-1.** Parlez des montgolfières. — 2. Des expériences du physicien Charles. — **7-1.** Comment les ballons sont-ils construits de nos jours ? — 2. Avec quoi les gonfle-t-on. — 3. Dans les ascensions, à quoi sert le lest ? — 4. le baromètre ? — **8-1.** Comment, en ballon, peut-on s'élever ou des cendre ? — 2. Est-il possible de se diriger en ballon ? — A quoi ont servi autrefois les ballons ? — Parlez des dirigeables. — 9. Peut-on espérer flotter dans l'air avec des corps plus lourds que l'air ? — Parlez des aéroplanes.

RÉDACTION : Comparer un dirigeable à un aéroplane et dire pourquoi ce dernier est plus docile à conduire que le premier.

CHAPITRE VI

POMPES — SIPHON

1. Les **Pompes**, dont la construction repose sur le principe de la pression atmosphérique, servent généralement à élever l'eau d'un puits ou d'une rivière à la surface du sol ou dans un réservoir. La principale pompe est la *pompe aspirante.*

2. Pompe aspirante. — 1. La pompe aspirante (fig. 319) se compose d'un *corps de pompe* A, en fonte, dans lequel se meut un *piston* B, muni d'une *soupape* C, s'ouvrant de bas en haut (soupape de sortie); du fond du corps de pompe part un *tuyau d'aspiration* D, qui plonge dans l'eau qu'on désire élever. La communication entre le tuyau d'aspiration peut être maintenue ouverte ou fermée à l'aide d'une soupape S (soupape d'entrée), s'ouvrant de bas en haut. A la partie supérieure du corps de pompe se trouve un *tuyau de déversement.*

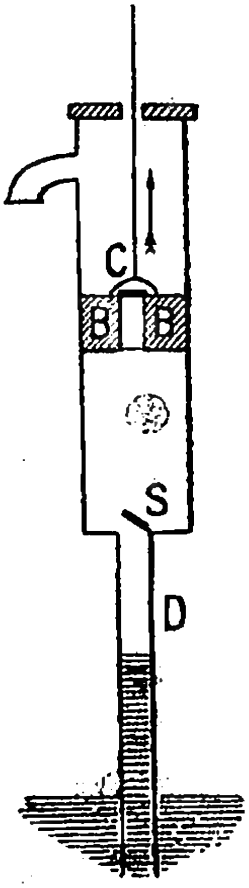


Fig. 319. — Pompe aspirante. 1re position. — A, corps de pompe; — B, piston; — C, soupape de sortie s'ouvrant de bas en haut; — D, tuyau d'aspiration; — S, soupape d'entrée s'ouvrant de bas en haut.

2. Pour faire fonctionner la pompe, supposons d'abord le piston au bas de sa course. De l'air à la pression normale occupe le tuyau de communication ; et l'eau qui se trouve dans ce tuyau y est au même niveau que l'eau du réservoir ou de la nappe d'eau du sol.

Soulevons le piston : la soupape de sortie C reste fermée sous son poids et sous celui de l'air atmosphérique ; la soupape d'entrée S s'ouvre, poussée par l'air du tuyau de communica-

tion dont la force élastique n'est plus équilibrée, puis que le piston laisse le vide au-dessous de lui.

L'air du tuyau D se répand dans les deux espaces D et A, par conséquent se raréfie ; il ne fait plus équilibre à la pression atmosphérique qui s'exerce sur le niveau libre de l'eau dans le réservoir. Cette pression pousse donc dans le tuyau de communication une quantité d'eau qui remplace l'air disparu. L'eau s'élève par exemple en D

Abaissons le piston : nous trouvons la soupape d'entrée S fermée sous son poids ; l'air se comprime de plus en plus entre le piston et le fond du corps de pompe ; il acquiert, à un certain moment, une force élastique suffisante pour soulever la soupape de sortie C et s'échapper. Tout l'air du corps de pompe aura donc disparu lorsque le piston sera arrivé au bas de sa course.

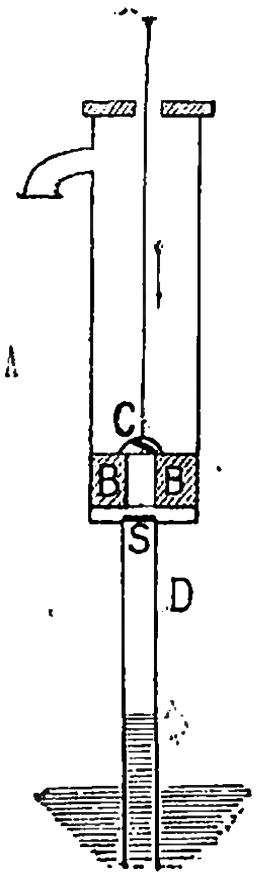


Fig. 319 *bis*. — Pompe aspirante. 2e position. (V. légende de la figure ci-contre.)

Soulevons-le de nouveau : la soupape C est fermée ; la soupape S va s'ouvrir, poussée par l'air qui reste dans le tuyau de communication et qui se répand en partie dans le corps de pompe. Cet air, augmentant de volume, diminue de pression ; il va de nouveau être remplacé par de l'eau poussée par la pression atmosphérique.

Au bout d'un certain nombre de coups de piston, la totalité de l'air de la pompe aura été chassée, et nous trouverons de l'eau dans le corps de pompe. A partir de ce moment, toutes les fois que le piston descendra, il laissera passer au-dessus de lui par sa soupape C l'eau qu'il avait au-dessous, et, chaque fois que le piston s'élèvera, il soulèvera cette eau, qui s'échappera par le tuyau de déversement, et appellera au-dessous de lui une nouvelle quantité d'eau qui emplira tout l'appareil.

3. Nous avons vu qu'en théorie la pression atmosphérique était capable de pousser l'eau jusqu'à une hauteur de 10 m. 33 dans des tubes privés d'air. Mais, quelle que soit la bonne construction des pompes, il sera difficile d'aspirer l'eau, dans la pratique, à une hauteur supérieure à 8 mètres.

Toutes les fois qu'il sera nécessaire de dépasser cette limite, on aura recours à la pompe aspirante et foulante.

3. Pompe aspirante et foulante. — 1. Cette pompe est formée d'un corps de pompe (fig. 320) dans lequel se meut un *piston plein;* d'un tuyau d'aspiration D et de la soupape d'entrée S, de même disposition que celle de la pompe aspirante. Mais de la partie inférieure du corps de pompe part un *tuyau d'élévation* E, muni d'une soupape de sortie R, s'ouvrant de gauche à droite (dans la disposition indiquée par la figure).

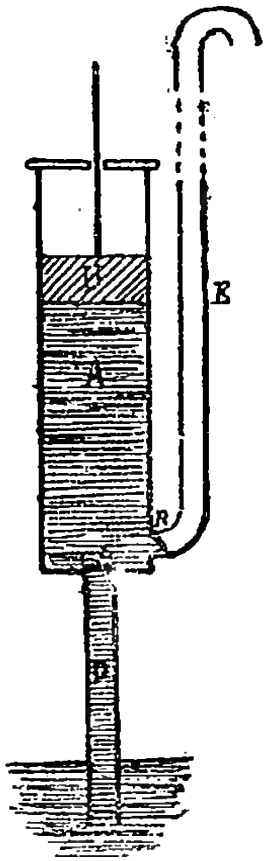


Fig. 320. — Pompe aspirante et foulante. — A, corps de pompe; — H, piston plein; — D, tuyau d'aspiration; — S, soupape d'entrée s'ouvrant de bas en haut; — R, soupape de sortie s'ouvrant de l'intérieur à l'extérieur; — F, tuyau de refoulement de l'eau.

2. Supposons le corps de pompe rempli d'eau à la suite d'opérations analogues à celles que nous avons décrites dans la pompe aspirante, avec cette différence toutefois que l'air, au lieu de s'être échappé par la soupape du piston, s'est échappé par la soupape R.

Si nous abaissons le piston, l'eau pressée pousse la soupape R et vient occuper une partie du tuyau d'élévation E. Lorsque le piston s'élève, la soupape R se ferme poussée par l'eau du tuyau d'élévation, et la soupape S s'ouvrira pour laisser passage à la quantité d'eau qui va emplir le corps de pompe. A sa descente, le piston pousse dans le tuyau d'élévation

l'eau du corps de pompe et l'eau qui s'y trouvait déjà.

3. On voit ainsi la possibilité, à l'aide de ces pompes, d'élever l'eau à toutes les hauteurs; il suffit de disposer d'une force capable de refouler la colonne d'eau qui devient de plus en plus haute et lourde à chaque descente du piston.

C'est à l'aide de ces pompes que la ville de Paris élève l'eau dans les réservoirs destinés à la distribuer ensuite dans les maisons de tous les quartiers.

4. Pompe à incendie. — Dans les pompes que nous venons d'étudier, l'écoulement de l'eau n'est pas constant; l'eau ne coule de la pompe aspirante que lorsque le piston s'élève; elle ne coule de la pompe foulante que lors-

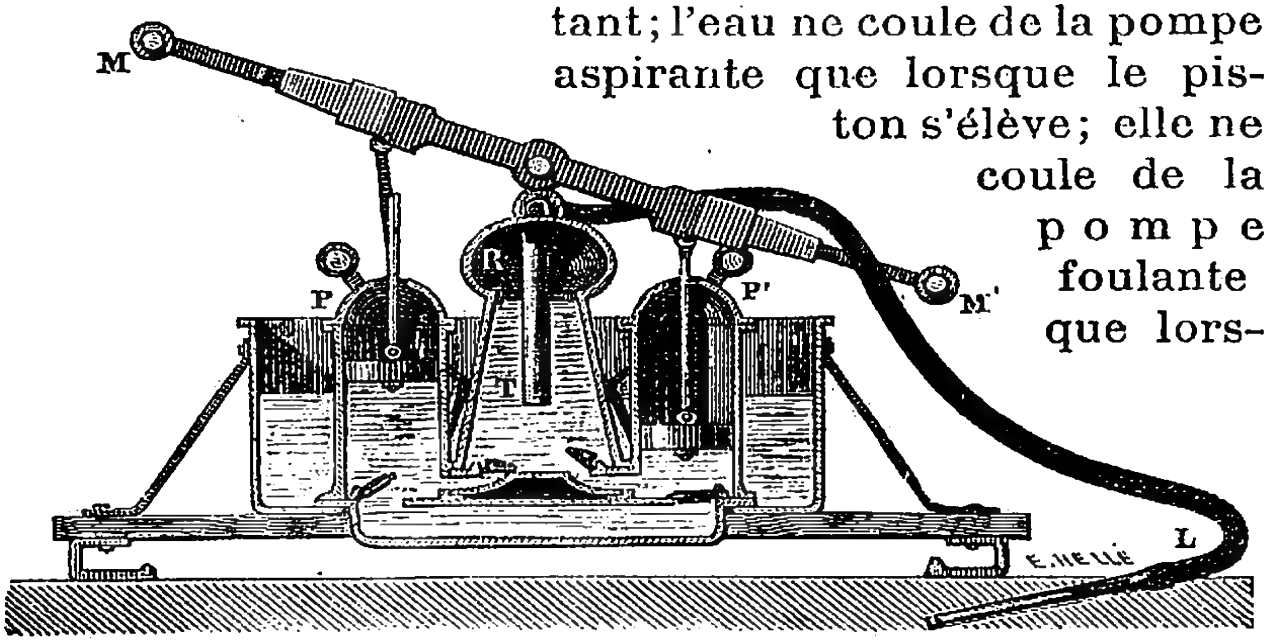


Fig. 321. — Pompe à incendie. — PP', corps de pompe ; — MM'', manivelle des pistons ; — R, réservoir à air contenant de l'air comprimé en R ; — T, tuyau de sortie de l'eau ; — L, lance terminant le tuyau de sortie.

qu'il s'abaisse. Dans la pompe à incendie (fig. 321), le jet est constant. C'est en effet l'accouplement de deux pompes foulantes PP' réglées de telle sorte que l'un des pistons se trouve en haut de sa course lorsque l'autre est en bas; un seul tuyau de jet L reçoit l'eau des deux corps de pompe. Pour rendre le jet plus régulier, l'eau n'est pas envoyée directement dans le tuyau de refoulement, mais dans un réservoir à air R, dans lequel l'air, toujours à peu près également comprimé, régularise le jet.

5. Machine pneumatique. — Lorsqu'au lieu de tirer de l'eau d'un puits on veut enlever l'air d'un réci-

pient, on emploie une pompe aspirante, qui diffère comme disposition de la pompe que nous venons de

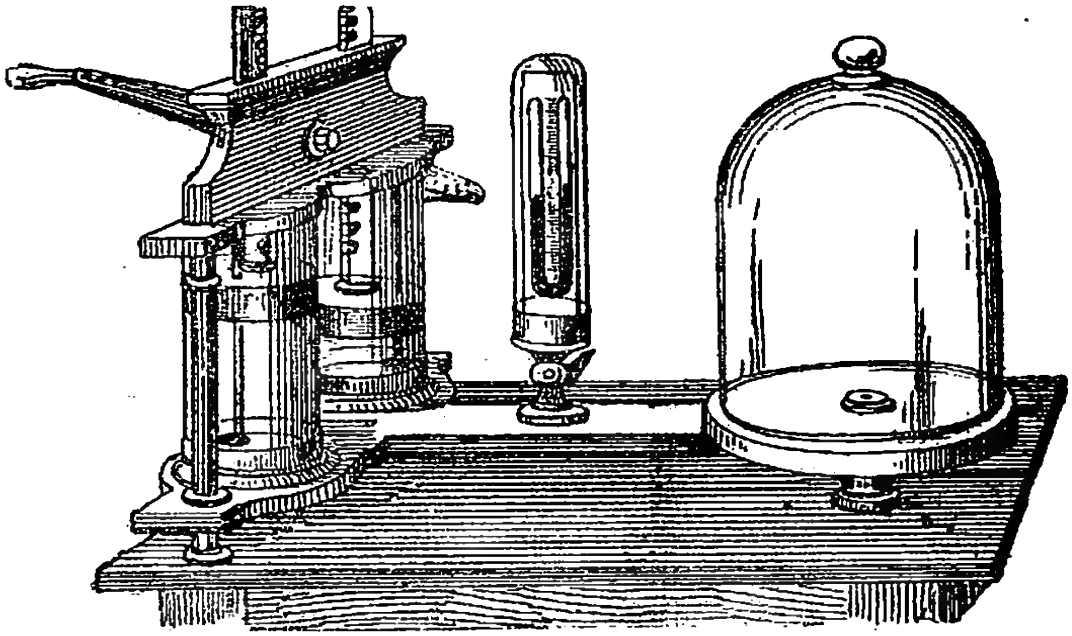


FIG. 322. — Machine pneumatique.

décrire, mais dont le fonctionnement s'explique d'une façon presque identique. Une telle pompe porte le nom de *machine pneumatique* (fig. 322).

2. **Application de l'air raréfié et de l'air comprimé.** — Les applications de l'air raréfié et de l'air comprimé sont nombreuses et variées. Dans les villes, la *poste pneumatique* se compose d'un tube dans lequel se meut un étui contenant les dépêches; cet étui est refoulé du bureau de départ par de l'air comprimé et aspiré au moyen du vide par le bureau d'arrivée.

Par l'air raréfié, on active la *filtration* d'un liquide à travers un tamis, ou l'*évaporation* de ce liquide.

L'air comprimé est employé pour ventiler les *tunnels*, pour le fonctionnement des *horloges pneumatiques*, pour les *scaphandres*. Les *freins* du *système Westinghouse*, qui arrêtent instantanément les trains, sont des freins à air comprimé.

Les *pneus* des roues de bicyclette, d'automobile, etc., sont remplis d'air comprimé.

SIPHON

6. **Siphon.** — 1. Le siphon est un tube recourbé à

branches inégales. Il sert à faire passer un liquide d'un vase qu'on ne veut pas déplacer dans un autre vase placé plus bas.

2. Pour le faire fonctionner, on place la petite branche A B dans le liquide à siphonner A, et l'ouverture de la grande branche au-dessus du vase dans lequel on

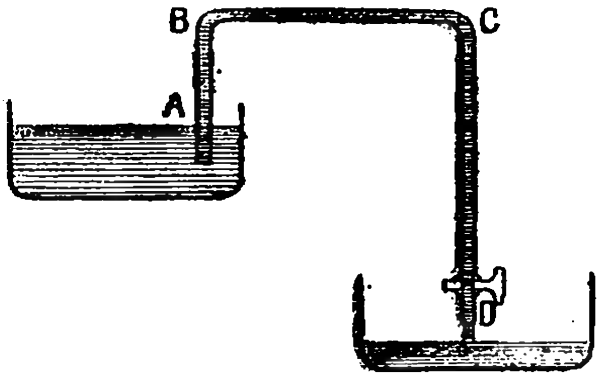


Fig. 323. — Siphon. — ABC, siphon ; — D, robinet permettant de conserver le siphon amorcé.

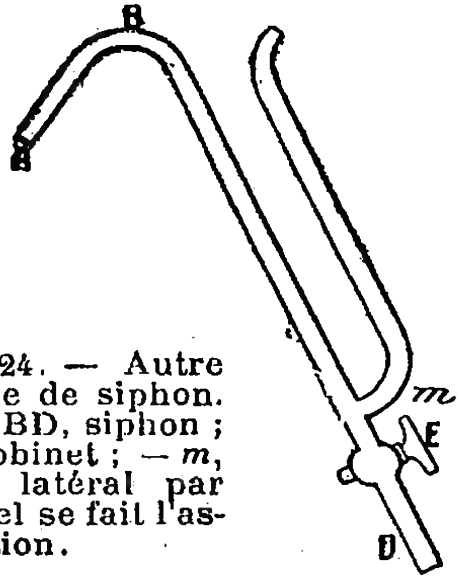


Fig. 324. — Autre forme de siphon. — ABD, siphon ; E, robinet ; — *m*, tube latéral par lequel se fait l'aspiration.

désire recevoir le liquide (fig. 323) ; on *amorce* le siphon, c'est-à-dire qu'on l'emplit du liquide à siphonner. A partir du moment où il est amorcé, l'écoulement du liquide se produit seul, et du vase le plus élevé vers le vase le plus bas.

3. L'amorçage se fait de façons différentes qui varient suivant la nature des liquides à siphonner.

Si le liquide n'est pas dangereux à absorber s'il n'est pas corrosif, il suffit de l'aspirer avec la bouche qu'on place en D. Dans le cas contraire, on aspire avec la bouche par un tube latéral qui part de l'extrémité de la grande branche (fig. 324). Quand on sent que le liquide approche de l'ouverture *m*, on cesse d'aspirer, on ouvre le robinet E, et le liquide continue de couler.

RÉSUMÉ

1. **Pompes.** — Les pompes servent à élever l'eau et les liquides.

2. **Pompes aspirantes.** — La pompe aspirante présente un piston muni d'une soupape s'ouvrant de bas en haut ; son

tuyau d'aspiration présente une soupape s'ouvrant dans le même sens. A mesure que le piston s'élève, il raréfie l'air resté au-dessous de lui et permet à l'eau de remplacer l'air expulsé. Dans une telle pompe, l'eau ne peut pas s'élever plus haut que 10 m. 33.

3. **Pompe aspirante et foulante.** — Dans la **pompe aspirante et foulante**, le tuyau d'élévation porte une soupape s'ouvrant de dedans en dehors, et qui empêche l'eau chassée du corps de pompe d'y revenir.

4. **Pompe à incendie.** — La *pompe à incendie* est l'accouplement de deux pompes foulantes.

5. **Machine pneumatique.** — La *machine pneumatique* est une pompe aspirante à air.

6. Les applications de l'air raréfié et de l'air comprimé sont nombreuses et variées : poste pneumatique; filtration et évaporation d'un liquide; tunnels ; horloge pneumatique; scaphandre ; freins (Westinghouse); pneu.

7. **Siphon.** — Un siphon est un tube recourbé permettant de faire couler un liquide de haut en bas. Pour qu'il fonctionne, il faut qu'il soit *amorcé.*

EXPÉRIENCES A FAIRE

1. La seringue est une pompe aspirante, y faire monter de l'eau.
2. Faire un siphon avec un tuyau de caoutchouc : plonger une extrémité dans un vase rempli d'eau placé sur la table ; aspirer l'air par l'autre bout, l'eau s'y précipite; laisser pendre le tube, le liquide coule.

Questionnaire.

1. A quoi servent les pompes ? — **2**-1. De quoi se compose la pompe aspirante ? — **2.** Comment fonctionne la pompe aspirante ? — 3 Jusqu'à quelle hauteur la pompe aspirante élève-t-elle l'eau ? — 3-1. Décrivez la pompe aspirante et foulante. — 2. Décrivez le fonctionnement de la pompe aspirante et foulante. — 3. Quels sont ses avantages ? — **4.** Que savez-vous de la pompe à incendie ? — **5.** De la machine pneumatique ? — **6.**-1. Qu'est-ce que la trompe à eau ? — 2. Comment fonctionne-t-elle ? — **7.** Citer les principales applications de l'air raréfié et de l'air comprimé ? — **8**-1. Qu'est-ce qu'un siphon ? — 2. Comment le fait-on fonctionner ? — 3. Comment s'opère l'amorçage ?

RÉDACTION : Expliquer le fonctionnement d'une pompe aspirante et foulante; montrer comment il est possible avec cette pompe d'élever l'eau à une grande hauteur.

CHAPITRE VII

CHALEUR

1. Une augmentation ou une diminution de la température produit sur nous-mêmes et sur les animaux une sensation particulière.

Sur les corps non organiques : métaux, liquides, gaz, une augmentation de la chaleur produit une augmentation de leur volume appelée *dilatation*, puis si on augmente encore la chaleur, un *changement d'état*, c'est-à-dire la transformation du solide en un liquide, et du liquide en un gaz.

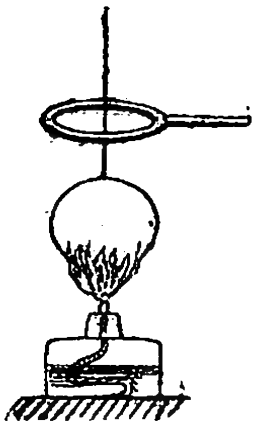


Fig 325
Anneau de S'Gravesande.

DILATATION

2. Dilatation des solides. — On montre qu'un solide est dilatable sous l'action de la chaleur de la manière suivante. Dans un anneau, on a pu faire passer tout juste, lorsqu'elle était froide, une petite sphère en cuivre (fig. 325). Mais si on vient à la chauffer en la laissant quelques instants dans la flamme d'une lampe à alcool, elle ne peut plus traverser l'anneau. La laisse-t-on refroidir, elle repasse de nouveau.

Fig. 326.— Dilatation des liquides.

3. Dilatation des liquides. — La dilatation des liquides est bien plus facile à observer que celle des solides. Dans un tube de verre terminé par une ampoule, on verse de l'eau colorée (fig. 326) jusqu'à une certaine hauteur qu'on marque sur le tube. Si l'on plonge l'ampoule dans de

l'eau chaude, on voit le niveau du liquide s'élever ; et, cette fois, la dilatation est bien apparente, parce que les liquides se dilatent bien plus que les solides.

4. Dilatation des gaz. — On prend un ballon de verre muni d'un tube deux fois recourbé. Dans la partie courbe *ba* (fig. 327) on verse un liquide coloré. Une masse d'air se trouve donc emprisonnée dans le ballon ; si l'on vient à prendre le ballon dans ses mains, la chaleur de la peau sera suffisante pour dilater l'air du ballon qui manifestera sa dilatation en refoulant le liquide dans la branche ouverte. La dilatation des gaz est énorme auprès de celle des liquides et des solides.

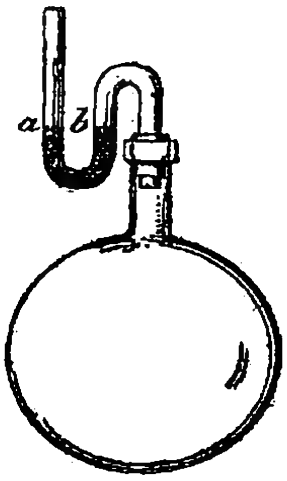


Fig. 327. — Dilatation des gaz.

Ces expériences sont suffisantes pour montrer d'abord que les corps se dilatent, puis que les gaz sont éminemment dilatables, et que les liquides sont notablement plus dilatables que les solides.

5. Variation de la densité avec la température. — 1. La *densité* d'un corps, peut être considérée comme le poids exprimé en kilogrammes d'un décimètre cube de ce corps.

2. Mais, à toutes les températures, un décimètre cube d'un même corps ne renferme pas le même nombre de molécules de ce corps. Supposons, en effet, un décimètre cube rempli de mercure à la température de 0 degré ; pesé, il nous fournira 13 kgr. 587. Chauffons ce décimètre cube, le mercure se dilatant débordera bientôt, de sorte que, pesé de nouveau, quoique plein, il accusera un poids inférieur à 13 kgr. 587, et d'autant inférieur que, la température aura été plus élevée. Il en est ainsi pour tous les corps : *leur densité diminue lorsque leur température augmente et inversement.*

6. Maximum de densité de l'eau. — L'eau fait exception, dans certains cas, au principe que nous venons d'énoncer.

Si nous prenons de l'eau à la température de 4° et si nous la chauffons, elle se dilatera en suivant la loi générale. Mais, *si prise à 4° nous venons à la refroidir, elle se dilatera encore*, en faisant cette fois exception à la loi générale. De sorte que pour l'eau et pour l'eau seule, prise à la température de 4°, elle se dilatera toujours, qu'on la chauffe ou qu'on la refroidisse ; c'est donc à cette température qu'un décimètre cube d'eau contiendra le plus grand nombre de molécules d'eau, qu'il sera le plus pesant par conséquent, que l'eau possédera son *maximum de densité*.

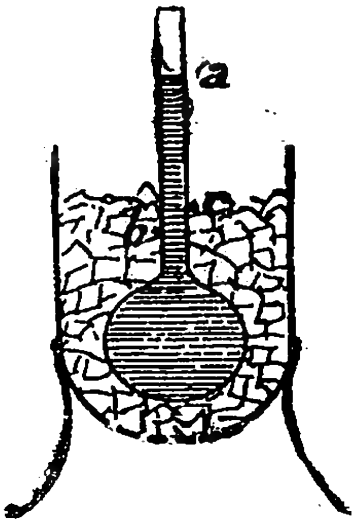


FIG. 328. — Maximum de densité de l'eau
A, niveau du liquide à 15°
B, — — 4°
C, — — 0°

7. **Glace.** — 1. La glace étant de l'eau à une température inférieure à 4°, puisque c'est de l'eau à une température inférieure à 0°, aura une densité plus faible que celle de l'eau, c'est ce qui explique pourquoi elle surnage sur l'eau.

2. Mais si l'eau diminue de densité en se congelant, *c'est qu'elle augmente de volume :* un décimètre cube d'eau donnera plus d'un décimètre cube de glace.

De ces deux phénomènes résultent dans la nature d'heureux et de malheureux effets.

3. Il est heureux que la glace soit plus légère que l'eau, car, si l'eau des rivières ou des lacs augmentait de poids par la solidification, la glace aussitôt formée irait au fond du lac, et l'eau de la surface, en contact avec l'air froid, se congèlerait à son tour, puis descendrait ; de sorte qu'à la suite d'un froid un peu prolongé toutes les masses d'eau seraient congelées en totalité, d'où l'impossibilité de l'existence des animaux aquatiques. Tandis que, en réalité, dans les rivières un peu profondes et les lacs d'eau douce, les régions voisines du fond donnent asile à la vie, en descendant rarement,

même en hiver, à une température inférieure à 4°.

4. Cette augmentation de volume qu'éprouve l'eau en se solidifiant, explique les *effets désastreux de la gelée sur les plantes*. Les liquides contenus dans les vaisseaux se congèlent et en brisent les tissus qui se décomposent ensuite. Cependant plusieurs causes retardent leur congélation : d'abord la sève n'est pas de l'eau pure, c'est une dissolution saline, et ces liquides gèlent à une température plus basse ; elle n'est pas en contact immédiat avec l'air ; elle est renfermée dans des tubes capillaires et est presque immobile en hiver, toutes causes qui retardent sa solidification.

5. Certaines pierres poreuses, dites *pierres gélives*, employées à tort dans les constructions, absorbent l'eau de l'atmosphère, et celle-ci, en se congelant, désagrège ces pierres et les fait se déliter.

6. Cette *force d'expansion* de la glace est considérable ; elle est telle que le physicien Hall a pu, en Norvège, faire éclater des canons de pistolet et des bombes, en les exposant pleins d'eau à un froid assez prolongé. Telle est la cause du bris des vases pleins d'eau exposés aux froids de l'hiver, de la rupture des conduites d'eau, de celle des corps de pompes, des réservoirs, dans lesquels on a laissé de l'eau pendant les gelées.

THERMOMÈTRE

8. — 1. Nous avons vu que, lorsqu'on chauffe un corps, il se dilate. Il est donc possible de mesurer la température d'un corps en mesurant l'augmentation de volume qu'elle fait subir à ce corps. C'est sur cette observation qu'est fondée la construction du thermomètre, instrument servant à mesurer la température.

2. Les corps, sous les trois états, se dilatent, nous l'avons constaté, mais les solides se dilatant très peu, les gaz se dilatant trop, on a choisi pour la construction des thermomètres ordinaires un liquide, le *mercure* ou l'*alcool*.

9. Thermomètre à mercure. — 1. Le thermomètre à mercure est un tube de verre percé dans toute sa longueur d'un *canal capillaire* (fin comme un cheveu) à l'extrémité duquel est soufflé un petit réservoir sphérique ou allongé en olive (fig. 329). Par l'extrémité supérieure, d'abord ouverte, on a fait pénétrer du mercure, de façon à emplir le réservoir et une partie du tube.

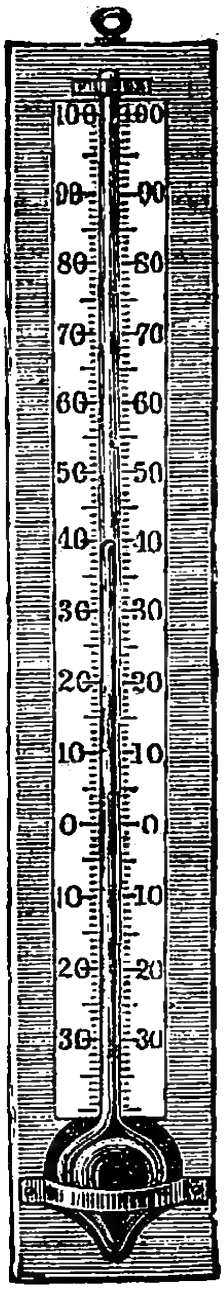


FIG. 329. Thermomètre.

2. Il convient, pour que le thermomètre puisse être employé, que la partie de canal capillaire située au-dessus du mercure soit vide d'air. A cet effet, on met le thermomètre dans une étuve dont la température dépasse celle pour laquelle le thermomètre est destiné. Le mercure s'élève dans le tube, et l'on dirige le jet de la lampe d'émailleur un peu au-dessous de son niveau. Le verre fond, le tube se ferme ne permettant pas à l'air d'y pénétrer; on laisse alors le tube se refroidir et le mercure n'occupe plus qu'une partie du tube, mais le reste ne contient pas d'air.

10. Graduation du thermomètre. — 1. Pour *graduer* un thermomètre, on le plonge dans un vase renfermant de petits morceaux de glace, le tout placé dans un milieu assez chaud pour que la glace fonde (fig. 330). On voit alors le mercure descendre, puis rester stationnaire. A l'endroit où il s'est arrêté, on grave un trait que l'on numérote 0, c'est ce qu'on est convenu d'appeler la température de la *glace fondante.*

2. On porte ensuite le thermomètre au-dessus d'un vase dans lequel on maintient de l'eau bouillante, de telle sorte que le réservoir ne plonge pas dans l'eau, mais soit bien environné de vapeur. Le mercure s'élève, puis de-

vient stationnaire. A cet endroit, on grave un nouveau trait qu'on numérote **100**.

3. De 0 à 100, l'intervalle est divisé en 100 parties égales qu'on peut porter au-dessous de 0 et au-dessus de 100, tant que le permet la longueur de la tige. Chacune de ces divisions est un *degré* du *thermomètre centigrade*.

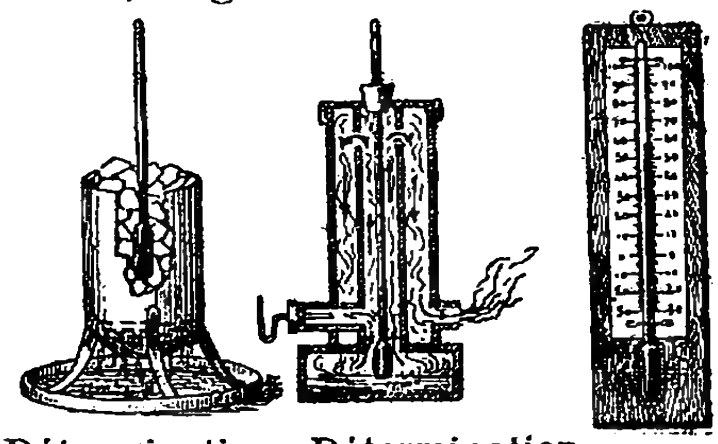


Fig. 330. — Graduation du thermomètre : vase de glace ; étuve à eau bouillante. Thermomètre monté sur une planchette graduée.

4. Si l'espace compris entre 0 et 100, est divisé en 80 parties égales, chacune des parties est un degré du thermomètre Réaumur.

5. Si l'on marque 32 au lieu de 0, et 212 au lieu de 100, on a la graduation du thermomètre Fahrenheit.

11. Thermomètre à alcool. — Pour la construction de nos thermomètres d'appartement, on emploie généralement l'*alcool* coloré en rouge. On le gradue par comparaison avec un thermomètre à mercure déjà gradué.

12. Principales applications pratiques de la dilatation. — Pour éviter la déformation des rails de chemins de fer sous l'influence de la chaleur, on laisse un léger intervalle entre eux pour permettre au fer de se dilater.

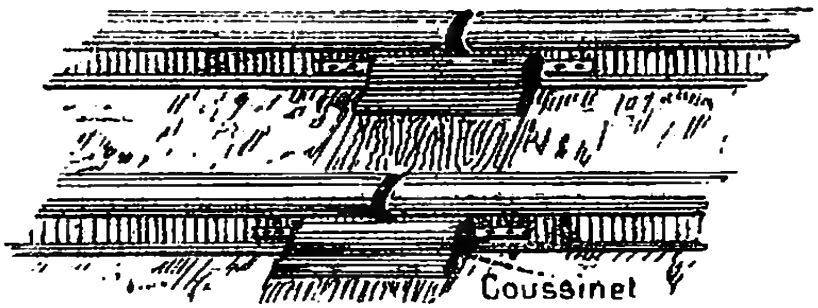


Fig. 331. — Intervalle laissé entre les rails pour en permettre la dilatation.

Les feuilles de zinc ou de plomb employées pour les couvertures des maisons ne sont clouées que par un côté.

Les plaques de tôle servant à la construction des bateaux sont assemblées à l'aide de boulons chauffés au rouge.

Le charron fait chauffer l'anneau de fer qui entoure la roue, pour qu'après refroidissement, les pièces de bois qui la composent soient fortement assemblées.

On chauffe légèrement le col d'un flacon pour permettre d'enlever le bouchon de verre qui résiste, etc.

RÉSUMÉ

1. Dilatation. — La chaleur fait dilater les corps sous les trois états ; puis elle les fait changer d'état.

2. Dilatation des solides. — Les solides sont peu dilatables : sphère et anneau.

3. Dilatation des liquides. — Les liquides sont plus dilatables que les solides.

4. Dilatation des gaz. — Les gaz sont très dilatables.

5. Variation de la densité avec la température. — La *densité d'un corps diminue quand sa température augmente.*

6. Maximum de densité de l'eau. — L'eau est plus lourde à 4° qu'à toute autre température.

7. Glace. — La *glace est plus légère que l'eau.*

Un litre d'eau donnera plus d'un litre de glace.

Il est heureux que la glace soit plus légère que l'eau; sans quoi, toute vie serait impossible dans l'eau, pendant les hivers rudes.

Effets désastreux de la gelée sur la plante : bris des tissus végétaux; pierres gelées.

La force d'expansion de la glace est considérable : bris de bombes.

8. Thermomètre.— Le thermomètre sert à mesurer la chaleur.

9. Thermomètre à mercure. — Le *thermomètre à mercure* se compose d'un tube à *canal capillaire* et d'un *réservoir* rempli de mercure.

10. Graduation du thermomètre. — Pour le graduer, on le plonge dans la glace fondante, on y marque 0; puis dans de la vapeur d'eau bouillante, on y marque 100, et l'on divise l'espace compris entre ces deux chiffres en 100 parties égales ou *degrés.*

11. Thermomètre à alcool. — Le *thermomètre à alcool* est gradué par comparaison avec le thermomètre à mercure.

12. Principales applications pratiques de la dilatation. — Principales applications de la dilatation : intervalles entre les rails des chemins de fer ; feuilles de zinc pour la couverture clouées d'un seul côté ; boulonnage au rouge, etc.

EXPÉRIENCES A FAIRE

1. Prendre un long fil de fer, le mesurer froid, le mettre ensuite sur le fourneau de la cuisine allumé, puis le mesurer chaud, en le tenant avec les pincettes, on constatera qu'il s'est dilaté. Le laissant refroidir, il reprendra peu à peu sa longueur primitive.
2. Dans le bouchon d'une petite bouteille absolument pleine d'eau, faites pénétrer un tube de verre étroit. Chauffez l'eau progressivement en la plongeant dans une casserole contenant de l'eau froide d'abord, et mise sur le feu. L'eau de la petite bouteille montera peu à peu dans le tube.
3. Répétez l'expérience du numéro 4 en remplaçant le ballon de verre par une petite bouteille.
4. Jetez un morceau de glace dans de l'eau, vous le voyez surnager.
5. Plongez un thermomètre dans une casserole contenant d'abord de l'eau froide, chauffez cette eau, vous verrez peu à peu la colonne liquide s'élever ; éteignez le feu, elle baissera.
6. Examinez le charron cerclant une roue.

Questionnaire.

1. Quels effets la chaleur produit-elle sur les corps ? — **2.** Comment vérifie-t-on la dilatation des solides ? — **3.** Comment vérifie-t-on la dilatation des liquides ? — **4.** Des gaz ? — **5-1.** Qu'appelle-t-on densité d'un corps ? — 2. Que devient la densité d'un corps quand sa température augmente ? — **6.** Comment l'eau fait-elle exception à la règle générale ? — **7-1.** Comparez la densité de l'eau à celle de la glace. — 2. Que devient le volume de l'eau quand elle gèle ? — 3. Pourquoi est-il bon que la glace soit plus légère que l'eau ? — 4. Quels sont les effets de la gelée sur les plantes ? — 5. Sur les pierres gélives ? — 6. Citez des exemples de force d'expansion de la glace. — **8-1.** A quoi sert le thermomètre ? — 2. Pourquoi construit-on les thermomètres avec des liquides ? — **9-1.** Décrivez le thermomètre à mercure. — 2. Comment chasse-t-on l'air du tube capillaire ? — **10-1.** Comment trouve-t-on le zéro du thermomètre ? — le 100 ? — 3. Comment trouve-t-on les autres degrés du thermomètre ? — **11.** Que savez-vous du thermomètre à alcool ? — **12.** Indiquez les principales applications pratiques de la dilatation.

RÉDACTION : 1° Le thermomètre : sa description, sa graduation, ses usages ; — 2° Dire pourquoi la gelée déchire les tissus des jeunes plantes.

CHAPITRE VIII

CHANGEMENT D'ÉTAT DES CORPS

1. Fusion. Solidification. — 1. Si l'on présente un bâton de cire à la flamme d'une bougie, on voit bientôt la cire couler en grosses gouttes liquides. La cire, sous l'influence de la chaleur, a changé d'état, a fondu, elle a subi le phénomène de la **fusion**, elle est devenue **liquide**.

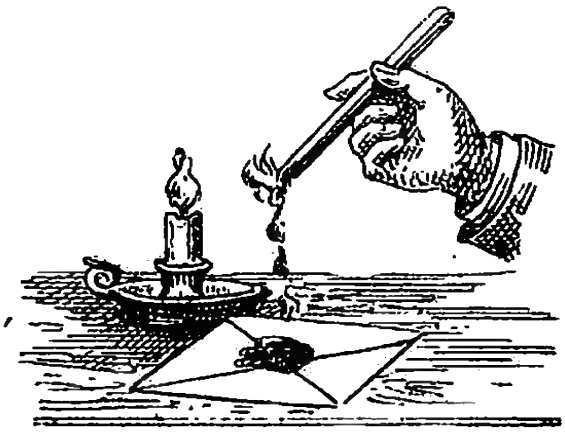


Fig. 332.
Fusion de la cire à 68°.

2. Ce que nous avons facilement fait pour la cire peut se faire avec *tous* les corps solides ; le fer, le cuivre, le verre, le soufre, la glace, etc., mais à des températures qui varient suivant les corps. Alors que pour fondre le fer, il faut le soumettre à une température de 1.500°, pour le soufre il suffit de 110°, pour la cire de 68°, et pour la glace de 0°.

3. Inversement, si on laisse refroidir du fer fondu, il redevient fer solide à partir de la température de 1.500°, de même pour le soufre à 110°, la cire à 68°, et pour l'eau qui devient glace au-dessous de 0°.

4. *Une élévation de température transforme donc les solides en liquides; une diminution de température transforme les liquides en solides.*

2. Vaporisation. Liquéfaction. — 1. Si l'on continue à chauffer un corps fondu, il se transforme plus ou moins rapidement en *vapeur* ou *gaz*, changeant encore d'état sous l'action de la chaleur.

On voit se produire facilement ce phénomène avec l'eau. Mise dans un vase sur le fourneau allumé, l'eau

se transforme bientôt en vapeur, qui n'est autre que de l'eau à l'état de gaz; et si nous laissons assez longtemps la casserole sur le feu, nous constaterons la disparition complète de l'eau qui se sera *évaporée* dans l'atmosphère.

2. Inversement, si dans la vapeur qui s'échappe au-dessus du vase, nous faisons pénétrer un corps froid (fig. 333), son couvercle, par exemple, qui refroidisse cette vapeur, nous voyons se déposer sur ce couvercle des gouttes d'eau qui, sous l'action du froid, est redevenue liquide.

Nous avons procédé à la *liquéfaction* de la vapeur.

3. *Une élévation de température transforme donc un liquide en gaz; une diminution de température transforme un gaz en liquide.*

FIG. 333. — Vaporisation et liquéfaction.

3. Evaporation. — 1. Il n'est pas toujours nécessaire d'avoir recours à un foyer pour transformer un liquide en gaz. La plupart des liquides peuvent se transformer en gaz en empruntant seulement la chaleur aux corps qui les contiennent. Ainsi, de l'eau mise en une assiette disparaît plus ou moins rapidement, suivant l'épaisseur de sa couche, sans qu'on ait eu besoin de la chauffer. On dit, dans ce cas, qu'elle s'est *évaporée*. De l'alcool se serait évaporé plus vite, de l'éther plus vite encore; on dit de ces corps qui s'évaporent rapidement qu'ils sont *volatils*. L'évaporation se produit sans que l'ébullition se soit manifestée.

2. De ce que nous n'avons pas chauffé les liquides qui se sont évaporés, il ne s'en suit pas qu'ils n'aient pas eu besoin de chaleur pour se transformer. Cette chaleur ils l'ont prise aux corps qui les entouraient, et qu'ils ont, de ce fait, refroidis. C'est qu'en effet *toute évaporation produit du froid*. Ce froid est d'autant plus

intense que le corps est plus volatil, que l'évaporation est plus rapide.

3. C'est à cause du froid que produit l'évaporation qu'on nous recommande, étant en sueur, de ne pas nous exposer à un courant d'air qui active l'évaporation.

C'est au renouvellement de l'air et à l'évaporation qu'il produit qu'on doit la sensation de fraîcheur qui accompagne le mouvement de l'éventail, agité devant le visage en transpiration.

On peut boire, en été, de l'eau très fraîche en la plaçant dans un vase poreux, nommé *alcarazas*, et en exposant ce vase dans un courant d'air. Une petite partie de l'eau traverse le vase, elle s'évapore et refroidit celle qui reste à l'intérieur.

4. Ebullition. — 1. Si nous chauffons de l'eau dans un vase et si nous y plongeons un grand thermomètre à mercure, nous constatons que, peu à peu, le mercure monte dans le tube; dans l'eau s'élèvent bientôt, venant du fond, des *bulles* de vapeur qui viennent crever à la surface, le thermomètre monte toujours; puis un mouvement tumultueux agite cette eau qui entre en *ébullition*. Le thermomètre marque alors 100° et cesse de s'élever.

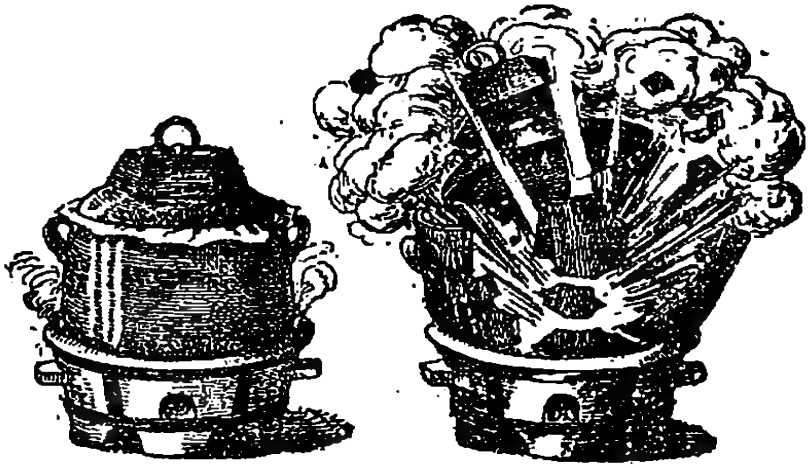


Fig 334. — La marmite éclate si l'eau qu'elle contient est fortement chauffée et si la marmite est fortement bouchée.

2. Quel que soit le temps pendant lequel l'eau continue à bouillir, *la température reste constamment à 100°*. La chaleur que continue à fournir le foyer paraît être perdue; en réalité, elle est employée à changer l'eau d'état, à la transformer de liquide en vapeur.

De sorte que, de l'eau bouillante n'est pas plus chaude après quinze heures d'ébullition qu'au premier moment.

3. Si l'on veut avoir de l'eau chaude au-dessus de 100°, il faut l'enfermer avec sa vapeur, car celle-ci, pressant sur l'eau, retardera son changement d'état et lui permettra de prendre pour elle la chaleur du foyer. Mais, plus on chauffe de la vapeur enfermée et plus elle acquiert de force, de *tension*, et il arrive un moment où le réservoir éclate sous l'action de cette tension (fig. 334).

C'est cette force que possède la vapeur chauffée en vase clos qu'on utilise dans les machines à vapeur.

4. De même que nous venons de constater qu'on peut avoir de l'eau très chaude, plus chaude que 100°, qui ne bout pas, si l'on exerce sur elle une pression qui dépasse celle de l'atmosphère, de même il est possible de voir de l'eau bouillir à une température inférieure à 100° si la pression qui pèse sur elle est inférieure à la pression atmosphérique normale. Ainsi, sur le Mont-Blanc, l'eau bout à 84° ; dans cette eau, on ne pourrait pas faire durcir des œufs.

Sous le récipient d'une machine pneumatique, l'ébullition se fera à une température d'autant plus faible que le vide sera plus grand.

Une expérience très simple permet d'obtenir l'ébullition de l'eau à une température inférieure à 100°. On fait bouillir de l'eau dans un flacon à long col ; quand la vapeur produite a chassé l'air, on ferme le ballon, puis on le retourne, l'ouverture fermée plongée dans l'eau. L'ébullition a cessé, mais si on verse de l'eau froide sur le fond du ballon, l'ébullition se produit à nouveau. La vapeur d'eau contenue dans le flacon au-dessus du liquide s'étant condensée, la pression qu'elle exerçait sur le liquide a disparu et l'eau bout.

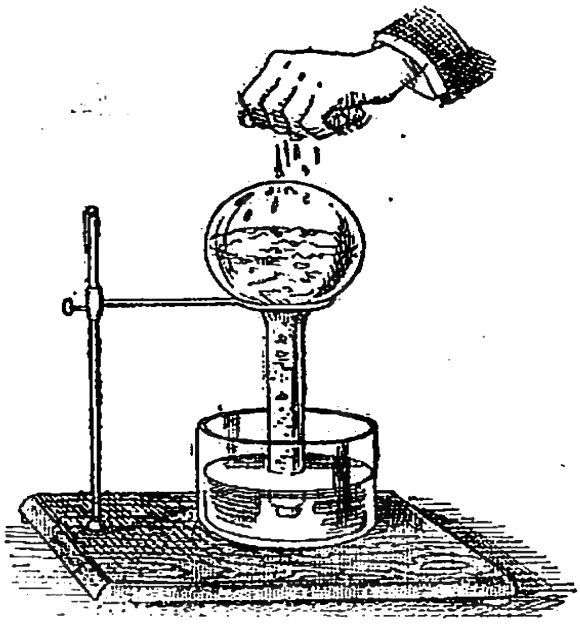


Fig. 335. — Ébullition de l'eau à basse température.

5. **Distillation.** — 1. L'eau de la mer, l'eau de nos

rivières même, n'est pas de l'eau pure; elle renferme des sels en dissolution et des corps divers en suspension. Pour purifier l'eau on la distille. Pour cela, on met l'eau dans un vase qu'on place sur un foyer; ce vase communique avec un récipient qu'on peut refroidir. Si l'on chauffe l'eau impure, elle se transforme en vapeur qui va se condenser dans le récipient refroidi. La vapeur n'ayant pas entraîné les sels dissous n'est que de l'eau pure, et l'eau recueillie dans le récipient est pure : c'est de l'*eau distillée*.

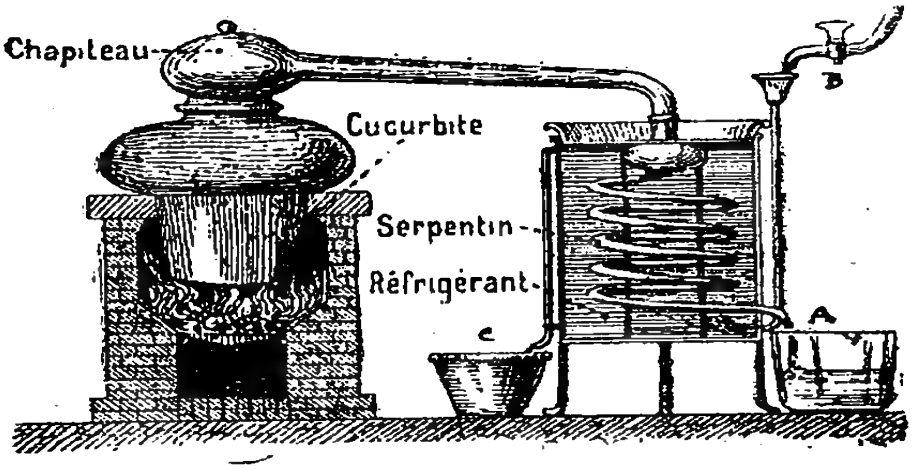


FIG. 336. — Dispositif d'un alambic.

2. C'est sur ce même principe qu'est fondée la distillation du *vin* pour en tirer l'*alcool*. Ce dernier, plus volatil, passe en vapeur plus facilement que l'eau du vin. Ce même phénomène se produit lorsqu'on chauffe la *houille* pour en tirer le *gaz d'éclairage*.

RÉSUMÉ

1. Fusion. Solidification. — Un solide fond sous l'action de la chaleur; un liquide se solidifie lorsque sa température diminue.

2. Vaporisation. Liquéfaction. — Un liquide se vaporise sous l'action de la chaleur ; une vapeur ou un gaz se liquéfient lorsque leur température diminue.

3. Évaporation. — Tous les liquides peuvent s'évaporer plus ou moins rapidement.

Toute évaporation produit du froid ; danger de s'exposer en sueur à un courant d'air ; éventail, alcarazas.

4. Ébullition. — A partir du moment où un liquide bout, sa température reste la même pendant toute la durée de l'ébullition ; la chaleur du foyer est employée à faire passer le liquide en vapeur.

Si le liquide qui bout est enfermé avec sa vapeur, la *tension* de cette dernière peut devenir considérable.

On peut avoir de *l'eau bouillante à plus de* 100° *si l'on augmente sur elle la pression;* on peut avoir de l'eau *bouillante* au-dessous de 100° si l'on *diminue assez la pression* qui pèse sur elle.

Dans le vide l'eau bout à une faible température. En refroidissant brusquement le fond d'un flacon contenant de l'eau chaude et dont le col est plongé dans de l'eau, on peut obtenir l'ébullition à une température inférieure à 100°.

5. Distillation. — La distillation permet d'obtenir de l'eau chimiquement pure, de retirer l'alcool du vin, le gaz d'éclairage de la houille.

EXPÉRIENCES A FAIRE

1. Faites fondre un bâton de cire.
2. Faites bouillir de l'eau et plongez dans sa vapeur une assiette froide.
3. Faites tomber sur votre main quelques gouttes d'eau, puis quelques gouttes d'alcool, puis quelques gouttes d'éther, vous constaterez la différence du froid produit par l'évaporation de ces liquides inégalement volatils.
4. Rafraîchissez votre visage avec un éventail.
5. Bouchez légèrement une bouteille contenant de l'eau et déposez-la dans une casserole d'eau sur le feu ; bientôt la vapeur de l'eau contenue dans la bouteille chassera le bouchon ; si le bouchon tenait trop bien, c'est la bouteille qui serait brisée.

Questionnaire

1-1. Sous quelle influence les corps fondent-ils ? — 2. Fondent-ils tous à la même température ? — 3. Quand la solidification des corps se produit-elle ? — 4. Énoncez la loi présidant à ces phénomènes. — **2-1.** Que savez-vous de la vaporisation ? — 2. de la liquéfaction ? — 3. Énoncez la loi régissant ces phénomènes. — **3-1.** Quand l'évaporation a-t-elle lieu ? — 2. Que produit toute évaporation ? — 3. Comment se procure-t-on de l'eau fraîche, en été ? — **4-1.** Dites ce que vous savez de l'ébullition. — 2. La température varie-t-elle pendant l'ébullition ? — 3. Comment obtient-on de l'eau plus chaude que 100° ? — 4. de l'eau bouillante, à moins de 100° ? — A quelle température l'eau bout-elle sous le récipient d'une machine pneumatique ? — Quelle expérience permet de faire bouillir l'eau au-dessous de 100° ? — **5-1.** Comment se procure-t-on de l'eau distillée ? — 2. Qu'obtient-on en distillant le vin ? la houille ?

Rédaction : 1° Énumérer quelques phénomènes de refroidissement produit par l'évaporation et en donner la raison ; — 2° Décrire un alambic et indiquer comment on fait la distillation de l'alcool de vin.

CHAPITRE IX

MACHINES A VAPEUR — MOTEURS

1. Nous avons dit que lorsqu'on chauffe de l'eau avec sa vapeur, en un vase clos, la vapeur peut acquérir une tension considérable. C'est cette tension qu'on utilise dans les *machines à vapeur*, qu'on a longtemps appelées *machines à feu*.

2. Machines à simple effet. — 1. Les premières machines à vapeur se composaient d'un corps de pompe A vertical (fig. 337), dans lequel pouvait se mouvoir un piston P. Le corps de pompe communiquait par sa partie inférieure : d'une part, avec une *chaudière*, par l'intermédiaire d'une conduite M, à robinet R ; d'autre part, avec un espace refroidi appelé *condenseur*, par le conduit N, à robinet R'.

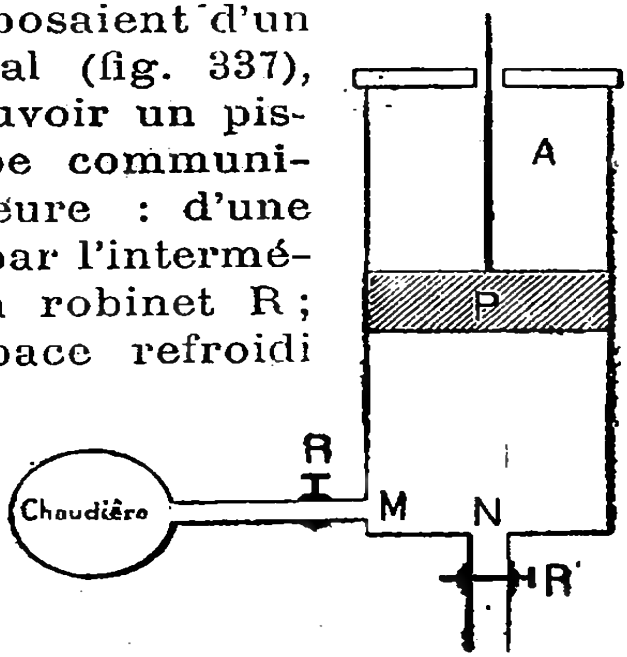


FIG. 337. — Schéma de la machine à vapeur à simple effet. — A, corps de pompe ; — P, piston ; — M, tuyau de communication avec la chaudière ; — R, robinet ouvrant ou fermant cette communication ; — N, tuyau de communication avec le condenseur ; — R', robinet ouvrant et fermant cette communication.

2. Si nous ouvrons le robinet R et fermons R', la vapeur venant de la chaudière agit, en vertu de sa tension, pour soulever le piston P. Lorsque le piston est arrivé en haut de sa course, si nous fermons R, pour ouvrir R', la vapeur pouvant communiquer avec une enceinte plus froide s'y précipite en perdant sa tension.

Sous l'influence de son poids et de la poussée atmosphérique, le piston descend ; si, fermant R', nous ouvrons de nouveau R, la vapeur pénétrant dans le corps de pompe soulève P. Fermant R et ouvrant R', le piston descend ; et ainsi de suite, le piston s'élève et s'abaisse sous l'action de la tension de la vapeur et de la poussée atmosphérique. Le mouvement ainsi obtenu grâce à la vapeur peut être communiqué à des machines, à des pompes, à des outils, au moyen de rouages variant de dispositions suivant les cas.

3. Machines à double effet. — 1. La vapeur dans la

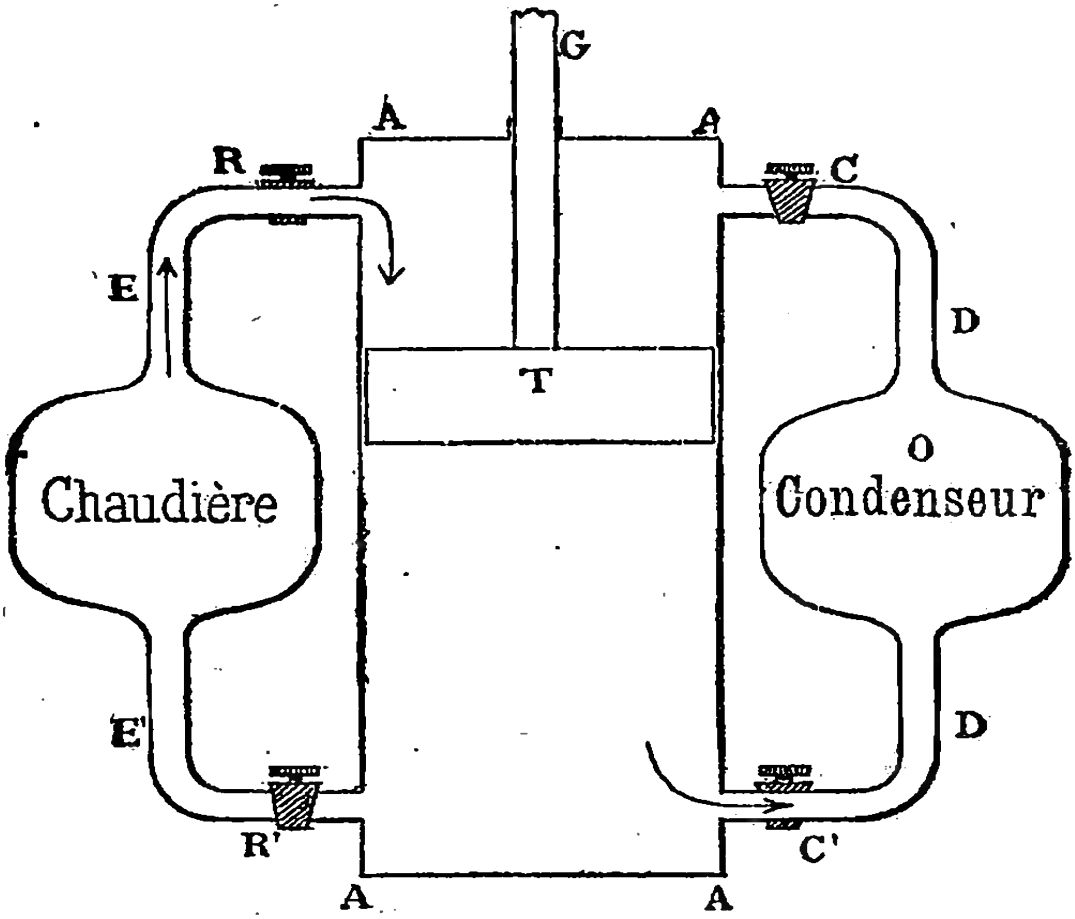


FIG. 338. — Schéma d'une machine à vapeur à double effet.

1er *mouvement*. — Les robinets R et C' étant ouverts et les robinets C et R' fermés, la vapeur amenée de la chaudière par le conduit E vient presser sur la face supérieure du piston T ; celui-ci descendra dans le cylindre A A et chassera la vapeur précédente, laquelle s'échappera par le conduit D' dans le condenseur où elle sera liquéfiée.

2e *mouvement*. — Les robinets C et R' étant ouverts et les robinets R et C' fermés, la vapeur arrivant par le conduit E' pressera sur la face inférieure du piston, fera remonter celui-ci dans le cylindre en chassant vers le condenseur par le conduit D la vapeur précédemment amenée, et ainsi de suite.

machine que nous venons d'étudier n'a agi que sur une des faces du piston ; elle n'a produit qu'un seul effet : la montée du piston ; ce n'est pas elle qui a produit la descente. Pour cette raison, on l'a appelée machine à *simple effet*. Dans les machines modernes à **double effet**, la vapeur agit alternativement sur les deux faces du piston, produisant ainsi les deux effets.

2. Ce résultat est obtenu grâce à une pièce appelée *tiroir* qui permet, dans une première position, l'arrivée de la vapeur dans la partie supérieure du piston et le départ dans le condenseur de la vapeur qui vient d'agir

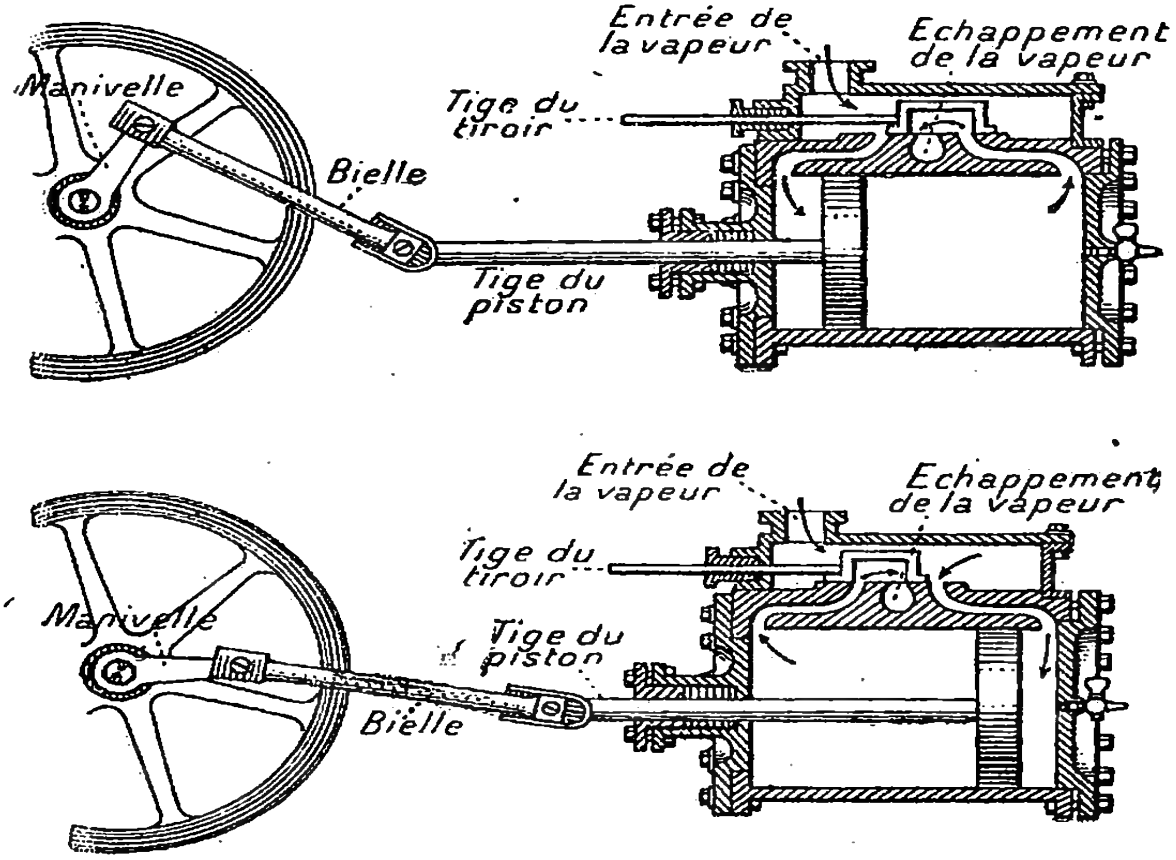


Fig. 339. — Mécanisme du tiroir et transformation du mouvement rectiligne en mouvement rotatoire.

sur la face inférieure ; et dans une seconde position, l'arrivée de la vapeur sur la face inférieure du piston et le départ dans le condenseur de celle qui vient d'agir sur la face supérieure. Et c'est précisément la tige du piston qui communique son mouvement de va-et-vient à la tige du tiroir, de telle sorte que l'un fonctionnant,

l'autre fonctionne en même temps, et que le tiroir change de position en même temps que la tige du piston.

On peut obtenir ainsi des mouvements en ligne droite de la tige du piston, mouvements verticaux si le cylindre est vertical, horizontaux si le cylindre est horizontal.

3. Pour transformer le mouvement en ligne droite de la tige du piston en mouvement circulaire, capable de faire tourner des roues, on guide la tige du piston, pour éviter de la fausser (fig. 339), par un *coulisseau* qui glisse sur des pièces fixes disposées parallèlement. La tête de la tige est articulée directement avec la *bielle* d'une roue appelée *volant*, servant à régulariser le mouvement de la machine. On voit bien alors que le mouvement en ligne droite du piston est capable de faire tourner une roue autour de laquelle peut être enroulée une courroie qui transmet le mouvement à une machine-outil voisine, ou qui entraîne la machine elle-même, si la roue repose sur des rails ou sur le sol.

4. **Locomotive.** — La machine à vapeur servant sur les chemins de fer à traîner les wagons prend le nom

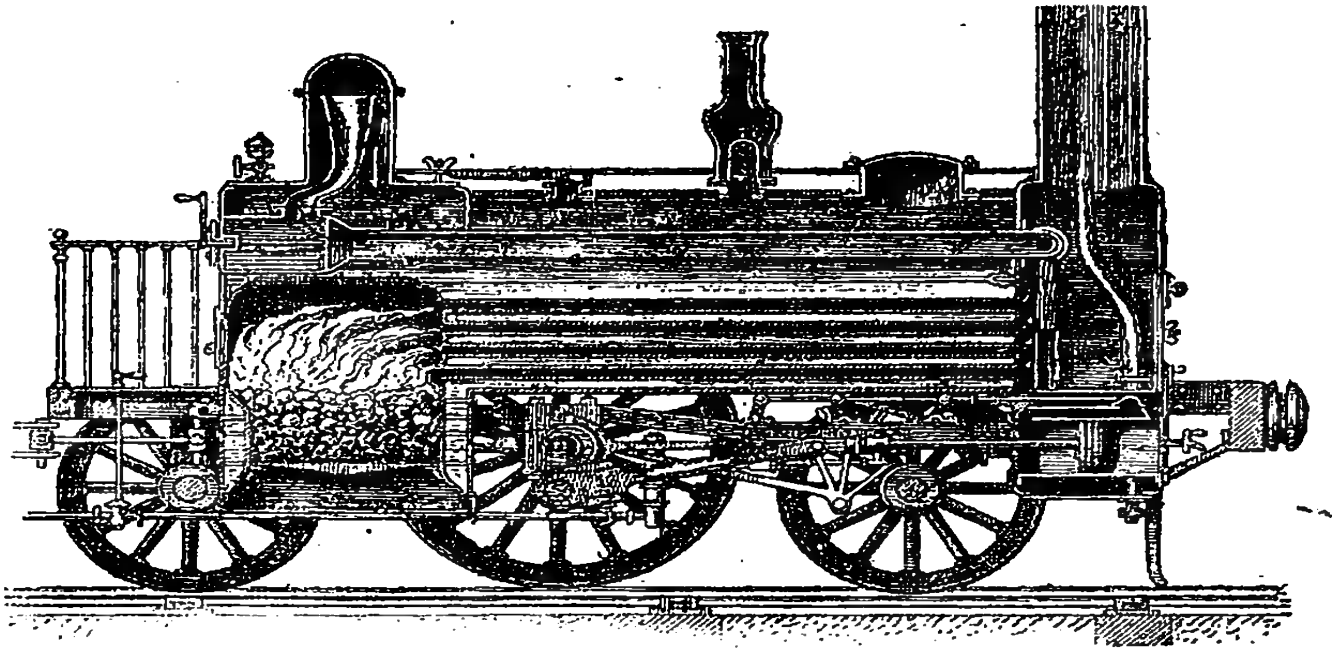


FIG. 340. — Coupe d'une locomotive tubulaire.

de *locomotive* (fig. 340). Elle se compose d'une grosse chaudière cylindrique, qui, à cause de sa disposition

intérieure, est appelée chaudière tubulaire. Celle-ci est traversée par une centaine de tubes entre lesquels circulent la flamme et les gaz chauds qui s'échappent du foyer, de sorte que l'eau est échauffée en tous les points de sa masse, ce qui rend sa vaporisation plus rapide. La chaudière est supportée par six roues d'inégal rayon. Au-dessous, et sur le côté de la chaudière, ordinairement en avant de la première roue de droite, se trouve le cylindre qui contient le piston. Enfin la fumée s'échappe par une cheminée, qui reçoit, en outre de la fumée, la vapeur qui vient d'agir sur le piston, ce qui produit un tirage puissant pour activer le feu.

5. Accessoires de la machine à vapeur. — 1. Les accessoires importants d'une machine à vapeur sont : le régulateur, la soupape de sûreté, le sifflet d'alarme.

Le *régulateur* permet automatiquement de réduire l'arrivée de la vapeur, lorsque le mouvement s'accélère trop, et d'augmenter son arrivée, lorsque le mouvement se ralentit.

La *soupape de sûreté* permet à la vapeur de s'échapper au dehors, quand elle acquiert dans la chaudière une tension trop forte.

Le *flotteur-sifflet d'alarme* produit un sifflement aigu, lorsque l'eau devient trop rare dans la chaudière.

2. Dans les *bateaux à vapeur* ainsi que pour les ballons dirigeables et les aéroplanes, la bielle fait tourner horizontalement une tige cylindrique sur laquelle se trouve montée une espèce de grande vis appelée *hélice* (fig. 341). Cette hélice, en tournant, presse sur l'eau ou sur l'air et pousse le bateau ou l'aérostat dans un sens ou dans l'autre, suivant le mouvement imprimé à l'hélice même.

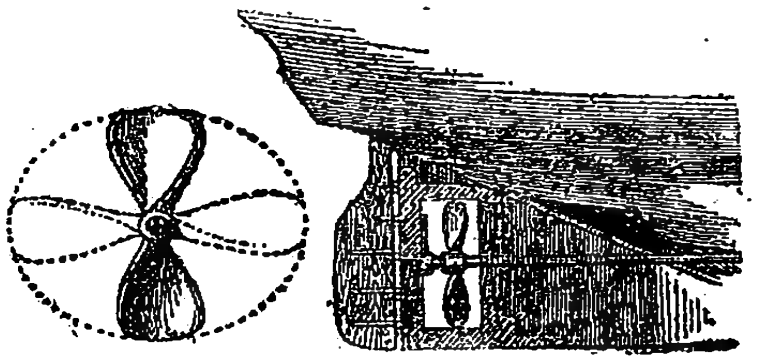


Fig. 341. — Hélice.

3. *Moteurs divers.* — Dans les petites industries et la construction des automobiles, on emploie de préférence, soit des moteurs électriques que nous étudierons plus loin, soit des moteurs à gaz, à alcool ou à pétrole. Dans ces moteurs, au lieu d'utiliser la force expansive de la vapeur, on a recours à la force élastique d'un mélange de gaz combustible et d'air.

On fait arriver dans le fond d'un cylindre, dans des proportions données, un mélange d'air et de gaz, dont une étincelle électrique produit l'explosion. En détonant, le mélange acquiert une force élastique considérable qui imprime au piston un mouvement de va-et-vient qu'on utilise comme celui qui est produit par la vapeur.

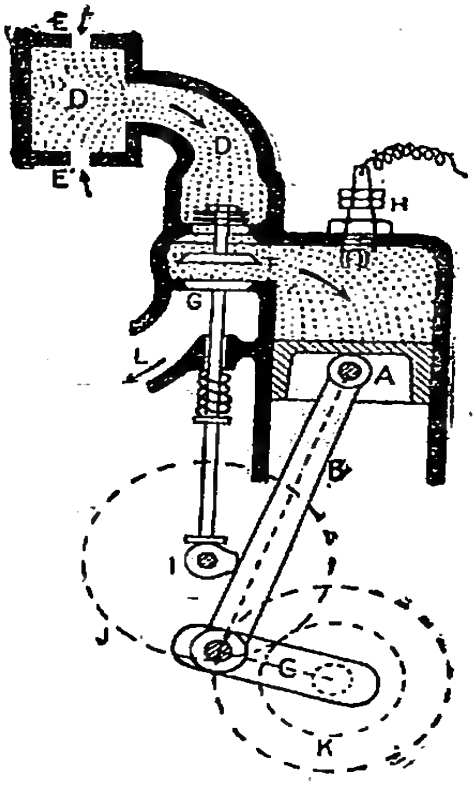


Fig. 342. — Moteur à gaz. Schéma.
D, carburateur; — E, E', ouvertures amenant l'air dans le carburateur; — F, soupape permettant à l'air et au gaz de passer dans la chambre d'extension; — H, courant électrique destiné à fournir l'étincelle qui produira l'explosion; — G, soupape d'échappement; — A, piston, — B, bielle.

4° Le fonctionnement d'un *moteur à explosion* à gaz, à essence ou à pétrole se fait ordinairement en quatre temps :

1er *temps :* le piston A entraîné par le mouvement de l'arbre moteur s'éloigne au fond du cylindre et aspire le mélange explosif contenu dans le *carburateur* D. Le gaz combustible et l'air pénètrent dans le carburateur par les orifices E et E'.

2e *temps :* le piston repoussé se rapproche du fond du cylindre et comprime et échauffe le *mélange explosif.*

3e *temps :* une *étincelle* produite par le courant électrique H fait détoner le mélange et produit le refoulement du piston.

4e temps : entraîné par le volant, le piston remonte vers le fond du cylindre; la soupape s'ouvre automatiquement au moyen de la canne I mise en mouvement et le *gaz brûlé* s'échappe au dehors par l'orifice L.

Et ainsi la marche du moteur continue.

Afin d'empêcher la paroi du moteur de s'échauffer on la refroidit, soit par un courant d'eau froide circulant dans une double enveloppe, soit au moyen d'ailettes qui augmentent la surface de refroidissement.

4. On appelle *cheval-vapeur* une force capable d'élever en une seconde, à un mètre de hauteur, un poids de 75 kilogrammes.

Un cheval-vapeur s'écrit HP, abréviation de deux mots anglais *horse-power* qui signifient *force d'un cheval.*

RÉSUMÉ

1. Machines à vapeur. — La vapeur, comprimée en vase clos, acquiert une force considérable. Cette force est utilisée dans les machines à vapeur.

2. Machine à simple effet. — Les parties essentielles d'une machine à vapeur sont la *chaudière*, le *corps de pompe* ou *cylindre*, dans lequel se meut le *piston*, et un milieu froid faisant office de *condenseur*.

3. Machine à double effet. — Dans les machines à *double effet*, la vapeur agit alternativement sur les deux faces du piston, grâce au jeu du *tiroir*.

On peut transformer le mouvement en ligne droite de la tige du piston en mouvement circulaire, grâce à une *bielle* articulée, dont le mouvement est réglé par un *volant*.

4. Locomotive. — Les chaudières des locomotives et autres moteurs à vapeur sont ordinairement *tubulaires*.

5. Accessoires de la machine à vapeur. — Les accessoires ordinaires d'une machine à vapeur sont : le *régulateur*, la *soupape de sûreté*, le *sifflet d'alarme*.

Dans les bateaux à vapeur, le mouvement est transmis à une *hélice*.

Dans la petite industrie et dans les automobiles, on emploie des moteurs dans lesquels on utilise la force d'expansion d'un mélange de gaz et d'air.

Le fonctionnement d'un moteur à explosion se fait ordinairement en quatre temps. La puissance d'un moteur s'exprime en *chevaux-vapeur*.

Questionnaire.

1. Quelle force utilise-t-on dans les machines à vapeur ? — **2.** Qu'appelle-t-on machine à simple effet ? — 1. Quelles sont les parties principales d'une machine à vapeur ? — 2. Comment se produit le mouvement ? — **3**-1. Qu'appelle-t-on machines à double effet. — 2. Expliquez l'usage et le fonctionnement du tiroir. — 3. Comment transforme-t-on les mouvements en ligne droite en mouvements circulaires ? — **4.** Dites ce que vous savez des locomotives. — **5**-1. Quels sont les accessoires de la machine à vapeur et leurs usages ? — 2. Que savez-vous de l'hélice dans les bateaux à vapeur ? — 3. Connaissez-vous d'autres moteurs ? — 3. Où les utilise-t-on ? — 3. Quelle est la force qui produit le mouvement ? — 4. Qu'appelle-t-on cheval vapeur ? — Comment l'écrit-on ?

RÉDACTION : 1° Décrire le tiroir d'une machine à vapeur et en démontrer le fonctionnement ; — 2° Décrire un moteur à gaz et en indiquer le fonctionnement.

CHAPITRE X

CONDUCTIBILITÉ DE LA CHALEUR

1. La chaleur peut se propager de deux façons différentes, ou *par conductibilité*, c'est-à-dire de proche en proche, plus ou moins lentement, par la matière elle-même ; ou *par rayonnement*, rapidement, en franchissant l'espace qui sépare le foyer du corps à chauffer.

2. Conductibilité calorifique des solides. — 1. Si l'on

prend à la main, par une de ses extrémités, une tige de fer de 30 centimètres de longueur par exemple, et qu'on

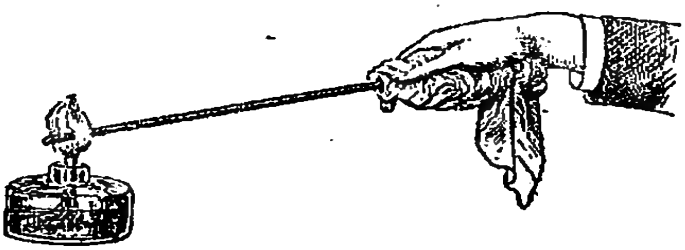


FIG. 343. — Le fer brûle la main.

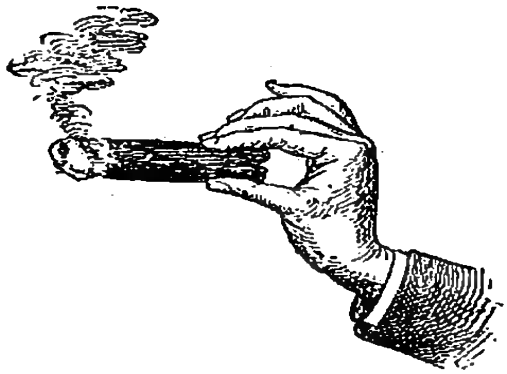


FIG. 344. — Le charbon ne brûle pas la main.

essaie de faire rougir au feu son autre extrémité, on sent bientôt une chaleur qui devient assez intense pour faire abandonner la tige de fer (fig. 343).

La chaleur qu'on a développée à une de ses extrémités s'est rapidement propagée dans toute sa masse, qui ne lui a opposé que peu de résistance; qui l'a bien conduite : on dit alors que le fer est un *bon conducteur* de la chaleur.

2. La même expérience faite avec un morceau de charbon de bois ordinaire de 15 centimètres de longueur pourrait être tentée sans crainte de brûlure (fig. 344). Le charbon a donc gardé la chaleur au point seul où elle a été développée ; il ne l'a pas conduite dans sa masse : il est un *mauvais conducteur* de la chaleur.

3. D'une façon générale, les *solides* les meilleurs conducteurs sont les métaux. Le verre, les poteries, le bois sont de médiocres conducteurs. La terre, les cendres, les étoffes de soie, de coton, de laine, sont tout à fait mauvais conducteurs.

3. Conductibilité calorifique des liquides. — 1. L'eau est un *mauvais conducteur* de la chaleur ; si elle s'échauffe dans la bouillotte, sous une grosse épaisseur, c'est parce que l'eau du fond, voisine du feu, s'échauffant, s'élève, et se trouve remplacée par de l'eau plus froide venant des parois de la bouillotte ; elle s'échauffe ainsi par déplacement et non par conductibilité.

2. Les *liquides* sont tous, sauf le mercure, de *mauvais conducteurs* de la chaleur.

4. **Conductibilité calorifique des gaz.** — Les *gaz* sont *encore plus mauvais conducteurs* que les liquides; comme eux, ils s'échauffent par déplacement.

C'est à cause de la mauvaise conductibilité de l'air que, dans les pays froids, beaucoup d'habitations ont des murs formés de deux cloisons parallèles entre lesquelles on place de la sciure de bois, de la paille, de la mousse, etc.; l'air emprisonné dans les interstices de ces substances isole l'intérieur du froid extérieur. C'est pour la même raison qu'on emploie dans certaines contrées des fenêtres doubles, et des vitrages doubles dans les serres.

5. **Glacières.** — Pour conserver de la glace, dans les glacières, on creuse en un endroit frais et ombragé des caves à parois de briques, dans lesquelles on empile, pendant l'hiver, de gros morceaux de glace. Dès que la glacière est pleine, on y verse de l'eau un jour de forte gelée, ce qui forme à sa surface une couche isolante ; puis on recouvre le tout de paille, de laine et d'un toit de chaume. On en peut tirer de la glace dans les journées les plus chaudes de l'été.

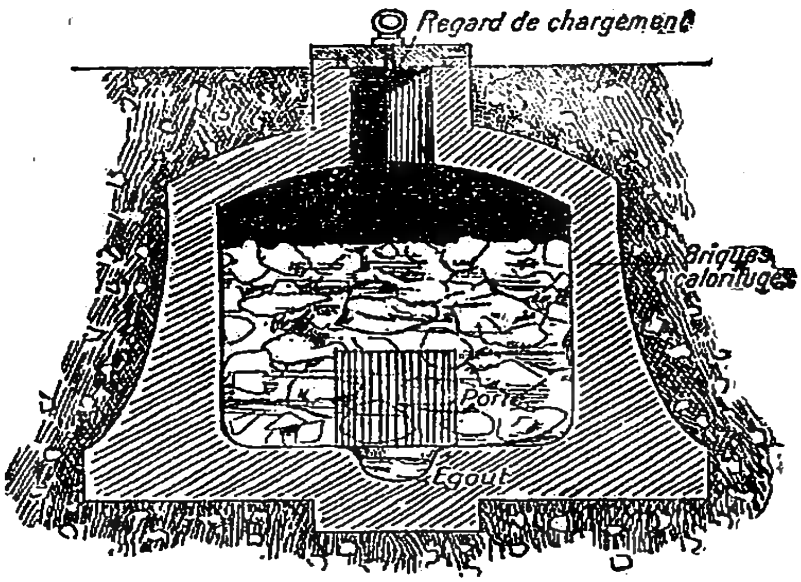


FIG. 345. — Coupe d'une glacière.

6. **Vêtements.** — 1. Au point de vue de la chaleur, les vêtements dont nous nous couvrons agissent comme isolants, surtout à cause de l'air qu'ils emprisonnent. Ils empêchent la déperdition de notre chaleur naturelle vers le dehors. Ils ne nous réchauffent pas, ils

s'opposent à notre refroidissement. Et plus la température extérieure est basse, et plus nous devons opposer de résistance au départ de notre chaleur.

1. Telle est la raison pour laquelle, en hiver, nous nous couvrons d'étoffes de laine, de fourrures, de matières filamenteuses : parce que ces corps retiennent entre leurs interstices une plus grande épaisseur d'air, et que l'air est un très mauvais conducteur de la chaleur. C'est encore pour cela que nous plaçons sur notre lit une enveloppe remplie d'un duvet soyeux, l'édredon.

Pour une raison inverse, l'Arabe se couvre de laine, afin d'isoler son corps de l'air embrasé qui l'environne.

C'est pour l'empêcher de fondre qu'on enveloppe un bloc de glace, qu'on veut conserver, dans une épaisse couverture de laine, etc.

Ainsi donc les corps mauvais conducteurs en isolant les corps s'opposent à la déperdition de leur température.

7. Toile métallique. — 1. Si l'on place un morceau de toile métallique M dans la flamme d'une bougie ou du

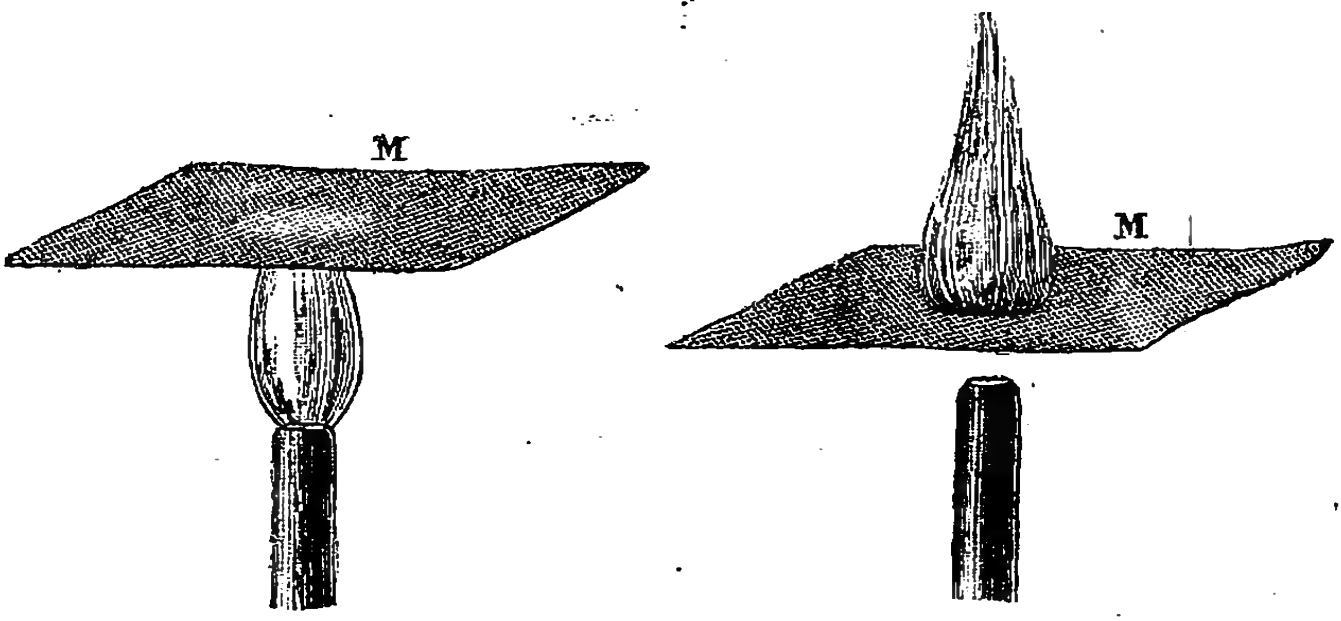


Fig. 346. — Toile métallique.

gaz (fig. 346), on voit la flamme se couper à la toile, quoique les mailles de celle-ci soient suffisamment écartées pour laisser passer les gaz. Mais, comme une flamme n'est qu'un gaz porté à une telle température qu'il devient

incandescent, si la température vient à s'abaisser, le gaz s'éteint; c'est ce qu'a produit la toile métallique : bonne conductrice de la chaleur, elle a pris pour s'échauffer la chaleur des gaz en combustion, les a refroidis au point de les éteindre au delà de la toile, tandis qu'ils continuant à brûler en dessous (fig. 346). Inversement, le gaz peut être allumé au-dessus de la toile, sans s'enflammer au-dessous.

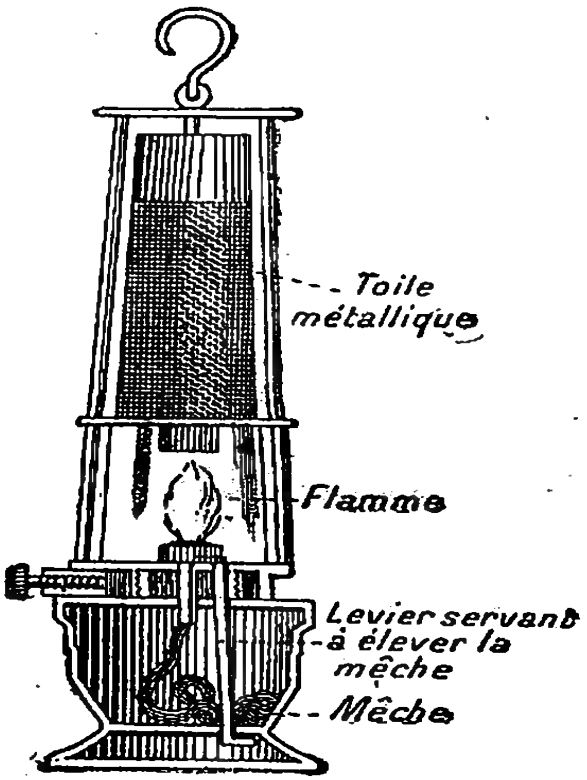


FIG. 347. — Lampe des mineurs.

2. C'est cette propriété qui a permis à Davy de construire la *lampe des mineurs* (fig. 347), la flamme est entourée d'une toile métallique qui empêche l'inflammation du gaz détonant se dégageant du charbon dans les mines. C'est à cause de cette propriété que l'on oblige les théâtres à se munir d'un rideau en toile métallique afin de protéger la salle d'un incendie déclaré sur la scène.

8. Chaleur lumineuse, chaleur obscure. — 1. Certains corps, le verre surtout, se laissent facilement traverser par la chaleur accompagnée de lumière : la **chaleur lumineuse**, et se laissent très difficilement traverser par la chaleur que n'accompagne pas la lumière : **chaleur obscure.**

2. Ainsi derrière une vitre éclairée par le soleil on ressent la même impression de chaleur que si l'on était placé en avant d'elle. Mais, si l'on interpose entre de l'eau bouillante et son visage un carreau de verre, on ne perçoit aucune chaleur.

3. Cette propriété que possède le verre de se laisser traverser par la chaleur lumineuse et de s'opposer au

passage de la chaleur obscure est utilisée dans les *cloches des jardiniers* (fig. 348).

4. Au printemps, les jardiniers recouvrent d'une cloche de verre les semis dont ils veulent activer la

FIG. 348. — Cloche de jardin en verre.

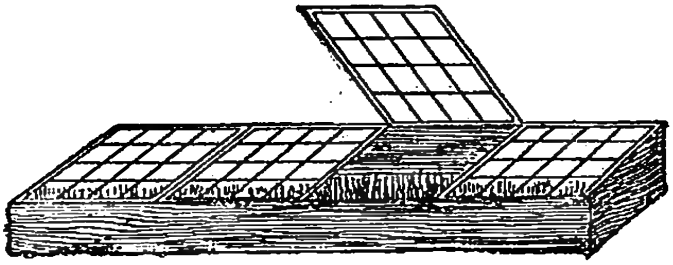


FIG. 349. — Châssis de jardin vitré.

végétation. La chaleur solaire lumineuse traverse le verre, échauffe la terre, devient alors chaleur obscure, qui sort difficilement. On entretient ainsi sous la cloche une chaleur considérable qui, jointe à l'eau dont on a soin d'imprégner le sol, constitue une atmosphère très propice à la végétation.

Une application en grand de la cloche, c'est la *serre*.

RÉSUMÉ

1. Propagation de la chaleur. — La chaleur se propage par *conductibilité* ou par *rayonnement*.

2. Conductibilité calorifique des solides. — Les métaux sont, parmi les solides, les meilleurs conducteurs de la chaleur. Le fer est bon conducteur ; le charbon de bois l'est très médiocrement.

3. Conductibilité calorifique des liquides. — Tous les liquides, sauf le mercure, sont mauvais conducteurs de la chaleur ; l'eau s'échauffe par déplacement.

4-5. Conductibilité calorifique des gaz. — Les gaz sont encore plus mauvais conducteurs de la chaleur; applications : *doubles fenêtres ; glacières ; vêtements*.

6. Toile métallique. — Une application de la bonne conductibilité de la chaleur est la *toile métallique* qui, prenant pour elle la chaleur, refroidit la flamme ; cette propriété est appliquée dans la *lampe des mineurs*.

7. Chaleur lumineuse. — Chaleur obscure. — La chaleur est *lumineuse* ou *obscure ;* le verre se laisse traverser par la chaleur lumineuse; peu par la chaleur obscure; serre, cloche des jardiniers.

EXPÉRIENCES A FAIRE

1. Chauffer à la flamme d'un bec de gaz l'extrémité d'un fil de fer de 10 centimètres de long et celle d'un morceau de charbon de bois de même longueur.
2. Remplir d'eau un haut pot de verre assez profond, agiter dans cette eau de la sciure de bois; placer le pot dans la casserole contenant de l'eau et chauffer. On verra une colonne de sciure s'élever dans le centre du pot et la sciure descendre le long de ses parois.
3. Couper la flamme d'une bougie ou du gaz en y introduisant une toile métallique.
4. Placer une vitre entre le poêle et son visage, le verre arrêtera la chaleur. Interposée entre le soleil et le visage, elle ne l'arrêtera pas.

Questionnaire.

1. Comment la chaleur se propage-t-elle ? — **2-1.** Prouvez que le fer est bon conducteur de la chaleur. — 2. En est-il de même du charbon ? — 3. Quels sont, parmi les solides, les meilleurs conducteurs ? — **3.** Les liquides sont-ils bons conducteurs de la chaleur ? — **4.** Les gaz sont-ils bons ou mauvais conducteurs ? — **5.** Comment construit-on une glacière ? — **6-1.** Quel rôle exact jouent nos vêtements ? — 2. Citez quelques conséquences pratiques. — **7-1.** Quelle est l'action d'une toile métallique placée sur une flamme ? — 2 Quelles applications pratiques en a-t-on tirées ? — **8-1.** Combien distingue-t-on de sortes de chaleurs ? — 1. Comment se comporte le verre vis-à-vis de ces chaleurs ? — 2. Quelles conséquences pratiques en tirent les jardiniers ?

Rédaction : 1° Montrer comment, sous une cloche en verre, la chaleur du jour s'amasse continuellement; — 2° Décrire une glacière et indiquer comment la glace est conservée.

CHAPITRE XI

APPLICATION DES MODES DE PROPAGATION DE LA CHALEUR APPAREILS DE CHAUFFAGE

1. — 1. Les **Appareils de chauffage** doivent présenter un double avantage : d'abord élever la température de la pièce dans laquelle ils sont placés ; puis permettre la ventilation de l'appartement. Si, en été, on ouvre largement les fenêtres pour changer l'air vicié de l'appartement, il ne peut en être de même l'hiver : ce sont les appareils de chauffage qui doivent aider au renouvellement de l'air.

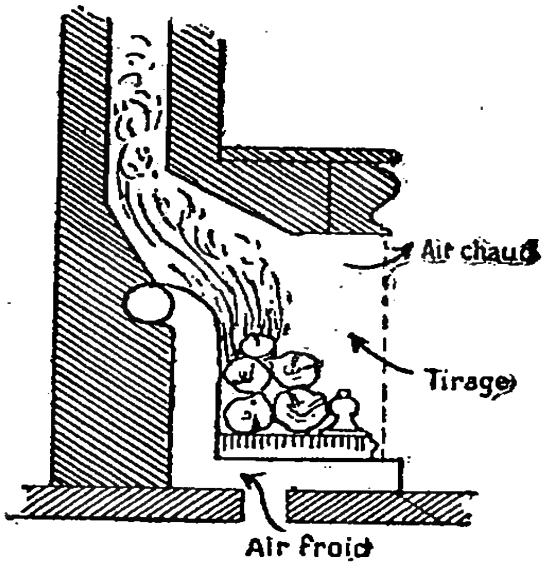


FIG. 350. — Cheminée.

2. Ces appareils sont de différentes sortes ; ce sont : les *cheminées ordinaires ;* les *poêles ;* les *calorifères à air*, à *eau* ou à *vapeur*.

2. Cheminées. — 1. Dans ce mode de chauffage, le bois, le coke, ou plus rarement le charbon de terre, brûlent dans un foyer découvert, formé de chenets ou d'une grille. Un long conduit, ou cheminée, permet l'échappement au dehors des gaz résultant de la combustion. Dès qu'on allume le combustible, l'air de la cheminée s'échauffe, se dilate, diminue de densité, s'élève; la cheminée *tire*, c'est-à-dire appelle de la pièce une nouvelle quantité d'air venant remplacer celui qui s'élève, et ainsi de suite. Il en est de même dans la pièce : l'air placé devant le foyer

s'échauffe, s'élève au plafond et est remplacé par une nappe d'air venant s'échauffer à son tour. Ainsi se produit dans l'appartement un déplacement de l'air permettant son échauffement progressif. L'appartement s'échauffe également par le rayonnement de la chaleur émise par le foyer.

Puisqu'une grande quantité d'air chaud s'élève dans la cheminée, il est nécessaire qu'il en pénètre à tout instant de nouvelles quantités dans la pièce ; cet air rentre sous les portes, par les fentes des croisées, et renouvelle ainsi l'air de l'appartement.

2. Ce mode de chauffage, s'il est plus gai et plus sain que les autres, est par contre assez coûteux, en ce sens qu'une grande partie de la chaleur est perdue par le tirage même de la cheminée.

3. Poêles. — 1. Les poêles sont en fonte ou en faïence : ce sont des foyers couverts, communiquant avec le dehors, grâce à des tuyaux et à une cheminée. Ils sont plus économiques que les cheminées, mais ventilent moins bien. Les poêles en fonte s'échauffent rapidement, mais se refroidissent de même, dès que le combustible est éteint ; au contraire, les poêles de faïence, plus longs à s'échauffer, conservent aussi plus longtemps leur chaleur. Quand la fonte des poêles est rouge, elle laisse passer, par ses pores, des gaz mauvais, dont il ne faut pas négliger de se préoccuper.

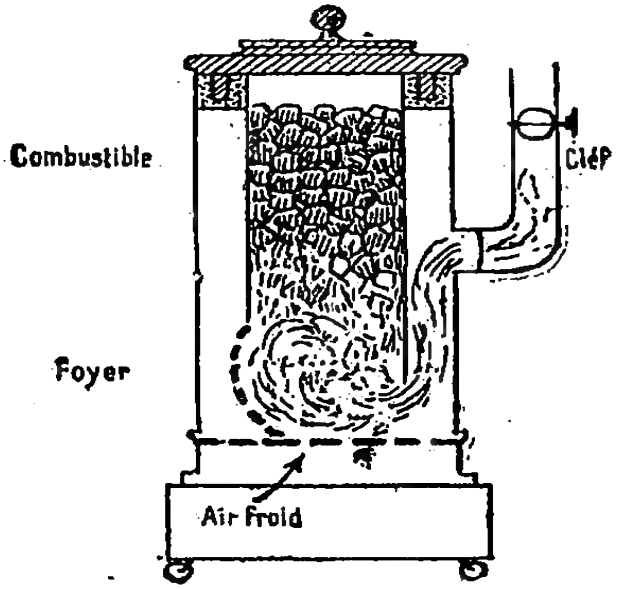


FIG. 351. — Poêle à feu lent.

2. Les poêles mobiles, à combustion lente, très économiques et d'un emploi très commode, demandent à être étroitement surveillés si l'on veut éviter de graves

accidents. Dans ces poêles le tirage est très lent, l'air ne pénètre qu'en petite quantité, alors que le charbon y est en masse ; dans ces conditions, la combustion ne produit guère que de l'oxyde de carbone, poison violent. Si le départ du gaz au dehors est complet, nul danger pour l'appartement ; mais, si la moindre fissure se produit, si le couvercle se ferme mal, c'est l'empoisonnement rapide.

4. Calorifères. — 1. Les calorifères sont toujours placés au sous-sol ; dans les *calorifères à air*, le foyer échauffe l'air qui est conduit par des tuyaux dans les différentes pièces qu'il doit réchauffer. Quand le parcours est grand, on chasse l'air chaud dans les longs tuyaux au moyen d'un ventilateur.

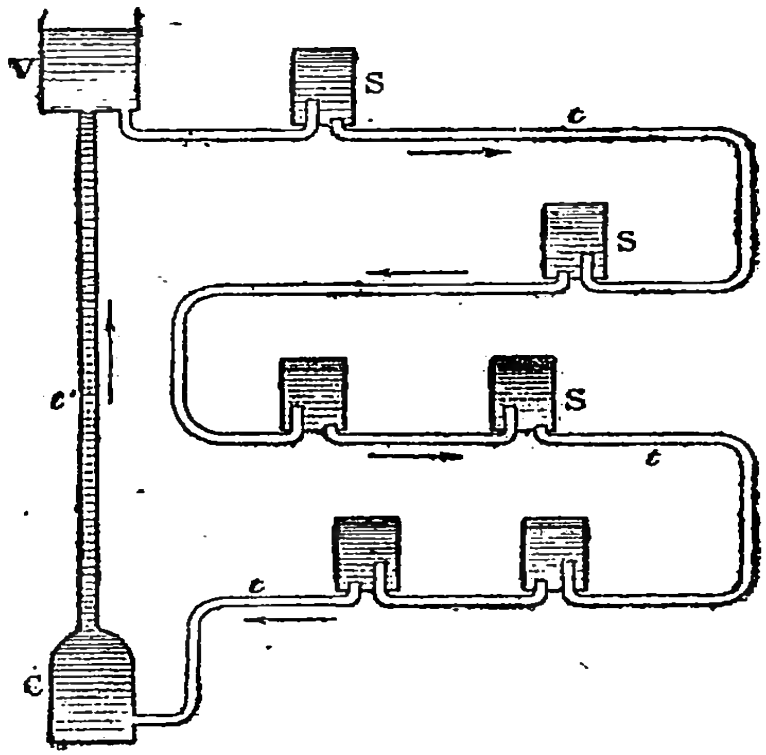


Fig. 352. — Calorifère à eau. — C, chaudière ; — *t'*, conduit amenant l'eau chaude dans le réservoir V de distribution ; — V, réservoir de distribution ; — S, réservoir dans les pièces à chauffer ; — *t*, conduits de retour de l'eau à la chaudière.

2. Les *calorifères à eau chaude* (fig. 352) fournissent une température très régulière. Une vaste chaudière pleine d'eau C communique par des conduits *t'* avec des réservoirs S placés dans les pièces à chauffer ; un tuyau de retour *t* permet à l'eau de revenir à la chaudière. Dès que le foyer est allumé, l'eau de la chaudière s'échauffe, diminue de densité et s'élève ; elle est remplacée par celle du tuyau de retour. Il s'établit alors dans tout l'appareil une circulation ininterrompue permettant à l'eau refroidie de venir reprendre du calorique au foyer. Bientôt une

bonne température, qu'il faut maintenir inférieure à la température d'ébullition, est atteinte dans l'appareil entier.

3. Dans les *calorifères à vapeur* l'eau est vaporisée par un foyer et est conduite à l'état de vapeur par des tuyaux circulaires dans l'édifice à chauffer. En se condensant, elle cède une grande quantité de chaleur qui élève rapidement la température ; l'eau condensée retourne à la chaudière pour être vaporisée de nouveau.

RÉSUMÉ

1. Appareils de chauffage. — Les appareils de chauffage doivent à la fois élever la température et permettre l'aération de l'appartement. Les principaux appareils de chauffage sont : les *cheminées*, les *poêles* à combustion vive ou lente, *les calorifères* à air, à eau ou à vapeur.

2. Cheminées. — Le chauffage par *cheminées ordinaires* a l'avantage d'être plus gai, plus sain, car l'aération s'y fait mieux ; mais les dépenses sont plus fortes, et une partie de la chaleur est perdue.

3. Poêles. — Les *poêles* sont plus économiques, les *poêles mobiles* surtout ; mais ces derniers appareils en particulier sont dangereux et peuvent produire l'asphyxie.

4. Calorifères. — Les *calorifères à air, à eau* ou *à vapeur* sont un excellent moyen de chauffage.

Questionnaire.

1-1. Quels avantages doivent présenter les appareils de chauffage ? — 2. Citez les principaux appareils de chauffage. — **2-1.** Comment se font l'aération et l'échauffement dans le chauffage à la cheminée ? — 2. Quels sont les avantages, et les inconvénients des cheminées ? — **3-1.** Quels sont les avantages et les inconvénients des poêles fixes en fonte et en faïence ? — 2. des poêles mobiles ? — **4-1.** Que savez-vous des calorifères à air ? — 2. des calorifères à eau ? — 3. des calorifères à vapeur ?

Rédaction : Indiquez, à votre avis, les conditions les meilleures pour favoriser le tirage d'une cheminée.

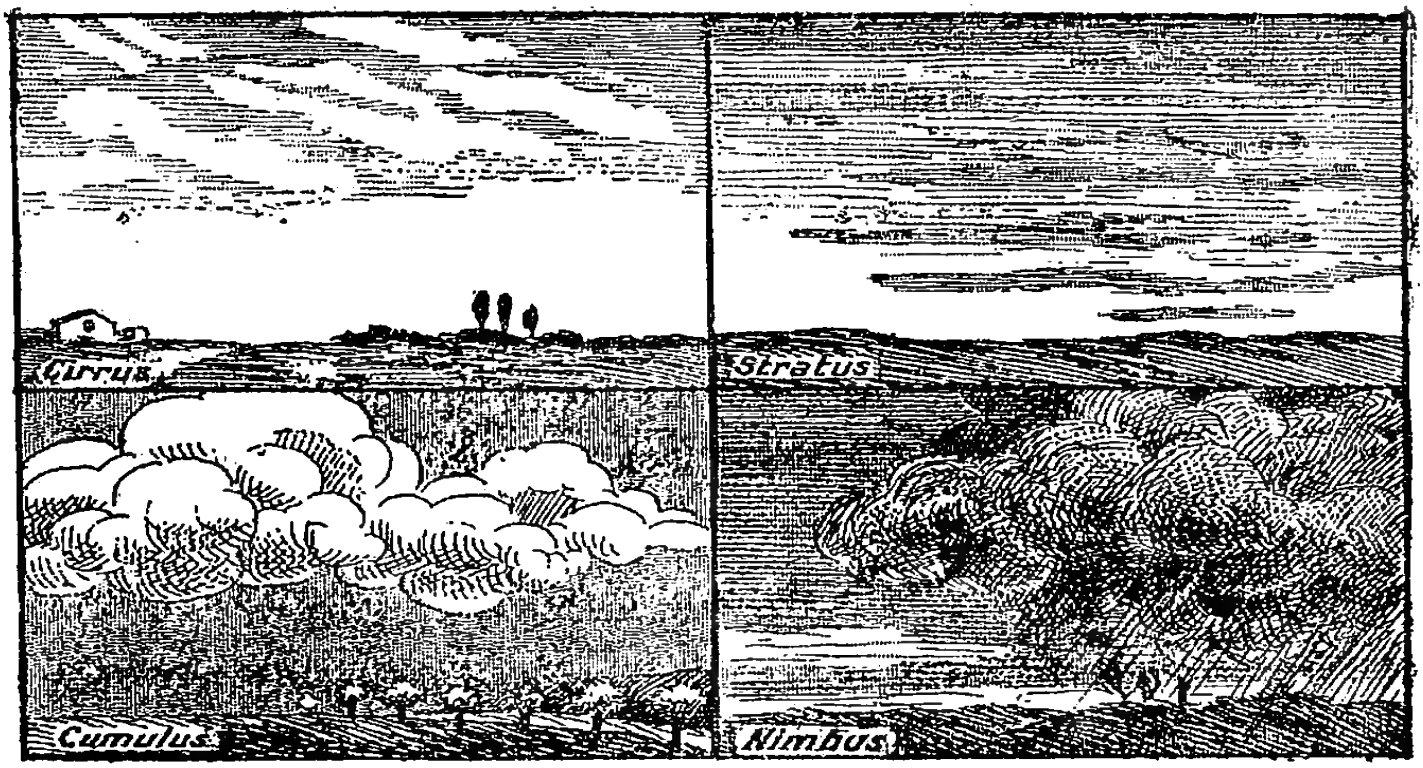


Fig. 353. — Diverses formes des nuages.

CHAPITRE XII
MÉTÉOROLOGIE

1. La Météorologie est l'étude des phénomènes qui se passent dans l'atmosphère : la rosée, la pluie, le vent, les orages, etc.

2. Rosée. — 1. Lorsque les corps qui sont à la surface du sol ont cessé de recevoir la chaleur du soleil, ils se refroidissent, la nuit, en renvoyant leur chaleur à travers l'atmosphère. Le refroidissement qu'ils en éprouvent se communique aux couches d'air environnantes ; et, comme l'air contient toujours de la vapeur d'eau, celle-ci, refroidie, se dépose en fines gouttelettes sur le sol et sur les plantes qui le recouvrent, pour constituer ce qu'on nomme la rosée.

2. C'est par les nuits calmes et claires du printemps et de l'automne que le dépôt de rosée est le plus abondant, alors que le soleil a échauffé un peu fortement la terre et les eaux, qu'il en a fait dégager d'abondantes vapeurs et que les nuits sont relativement très fraîches.

La rosée ne se produit pas si le rayonnement de la

terre est empêché par un écran quelconque, par la présence, par exemple, dans le ciel, de nuages épais. Il n'y a pas non plus production de rosée si le vent souffle fort; les couches d'air en contact avec le sol se renouvelant rapidement n'ont pas le temps de se refroidir; certains corps rayonnent mal la chaleur qu'ils possèdent, aussi ne se couvrent-ils pas de rosée : tels que les métaux polis, les objets brillants.

3. Gelée blanche. — 1. Lorsque la température s'abaisse, la nuit, au-dessous de 0°, la vapeur qui s'est déposée d'abord en rosée se congèle et produit sur le sol une nappe blanche connue sous le nom de *gelée blanche*. Ce phénomène peut causer, lorsqu'il se produit dans les mois d'avril et de mai, de véritables désastres, puisqu'il gèle et fait roussir les jeunes pousses qui commencent à sortir.

2. Il suffirait, pour préserver les plantes de ces accidents, d'empêcher leur rayonnement en les recouvrant seulement d'un léger voile ou d'un paillasson ; ou de produire, comme dans certains vignobles, des nuages artificiels en brûlant des matières résineuses. Ces nuages factices, voisins de la plante, empêchent son refroidissement en s'opposant à la déperdition de sa propre chaleur.

3. Un préjugé populaire attribue ces désastres à l'influence de la lune, et l'on appelle *lune rousse* celle qui commence en avril et pendant laquelle la gelée se produit d'ordinaire. C'est un des nombreux méfaits qu'on lui attribue bien à tort, car la lune n'y est pour rien. Mais ce qui est vrai, c'est que, quand la lune se montre, c'est par un temps clair et alors le rayonnement de la chaleur de la terre est plus abondant et l'abaissement de la température plus grand.

4. Les nuages sont à des hauteurs très variables. Les plus rapprochés du sol sont de gros nuages gris foncés, parfois noirs qui se résolvent en pluie; ce sont les *nimbus*. Leur altitude ne dépasse guère 1.000 mètres.

Les *cumulus* sont de gros amas de nuages blancs,

arrondis, ressemblant à des montagnes de neige ; ils sont à 2 ou 3 kilomètres de haut.

A une altitude de 7 à 8 kilomètres, les nuages sont formés de fines aiguilles de glace et ont l'apparence de flocons de laine disséminés : ce sont les *cirrus*.

Au lever et au coucher du soleil, on aperçoit souvent des nuages disposés en bandes horizontales superposées : ce sont les *stratus*.

Les nimbus annoncent la pluie; les cumulus présagent un temps incertain ; les cirrus et les stratus font espérer un beau temps.

4. Brouillards. Nuages. — 1. Les brouillards et les nuages sont une seule et même chose ; tous deux sont formés par de la vapeur d'eau condensée. Quand la vapeur reste près du sol, elle forme les brouillards ; quand elle se forme dans les régions élevées, elle constitue les nuages.

3. Les brouillards sont très fréquents sur les bords des rivières et dans les endroits marécageux; ils entretiennent dans l'air une humidité très préjudiciable à la santé.

5. Pluie. Neige. — 1. Lorsque les gouttelettes d'eau des nuages viennent à se réunir, par suite d'un abaissement de température dans les hautes régions, elles prennent un poids tel qu'elles ne peuvent plus flotter dans l'air, elles tombent alors et forment la pluie.

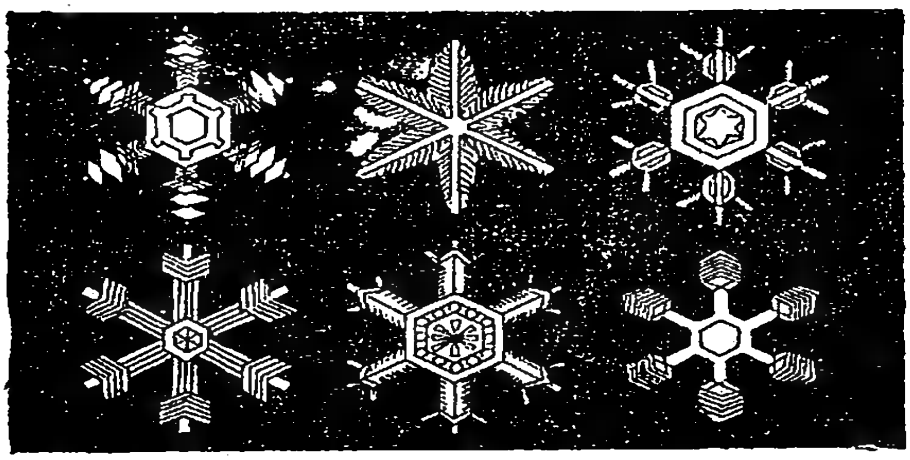


Fig. 354. — Cristaux de neige.

2. La neige est due à la congélation de la vapeur d'eau des nuages, quand la température des hautes régions descend au-dessous de 0°. La vapeur d'eau

se prend alors en flocons de formes très variées, qu'on peut facilement observer en les recevant sur une lame de verre très froide et enduite de noir de fumée. La neige protège la terre et les plantes qu'elle recouvre contre le refroidissement ; en outre, elle dissout en tombant une certaine quantité de principes nutritifs, qu'elle abandonne au sol ; sa présence sur les végétaux en hiver est donc très appréciée du cultivateur.

6. Des vents. — 1. Les vents sont des déplacements d'air plus ou moins rapides qui s'effectuent dans l'atmosphère. Ils sont produits par des différences de température entre deux lieux voisins.

2. Sur la terre, ils soufflent toujours d'une région froide vers une région plus chaude.

3. Sur le bord de la mer, par des temps calmes, on sent toujours souffler une brise, qui, régulièrement, change deux fois de direction pendant une journée de vingt-quatre heures. Dans le jour, la brise aspirée par la terre plus chaude vient de la mer, elle constitue la *brise de mer*, et souffle le plus fort vers 2 heures de l'après-midi. La nuit, le vent vient de la terre qui se refroidit plus vite vers la mer plus chaude, et prend le nom de *brise de terre*.

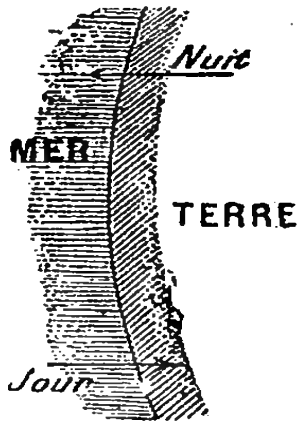


Fig. 355. — Brises de terre et de mer.

RÉSUMÉ

1. Météorologie. — La météorologie est l'étude des phénomènes qui se produisent dans l'atmosphère.

2. Rosée. — La *rosée* est produite par le dépôt de la vapeur d'eau de l'atmosphère lorsque, la nuit, les plantes se refroidissent. Elle est plus abondante au printemps et à l'automne.

3. Gelée blanche. — Lorsque la température descend au-dessous de 0°, la rosée gèle et forme la *gelée blanche*, meurtrière pour les jeunes pousses, en avril ou mai.

4. Brouillards. Nuages. — Les *brouillards* et les *nuages*

sont produits par la condensation de la vapeur d'eau de l'atmosphère.

5. Pluie. Neige. — Lorsque la température des hautes régions s'abaisse, les gouttelettes des nuages se réunissent et tombent en *pluie*. Si l'abaissement de la température est plus grand, la vapeur se congèle et forme la *neige* étoilée.

6. Vents. — Les *vents* sont des déplacements plus ou moins rapides de l'air ; ils sont causés par des différences de température pouvant se produire entre deux lieux voisins. Ils soufflent toujours d'une région froide vers une région plus chaude.

Questionnaire.

1. Qu'est-ce que la météorologie ? — **2-1.** Qu'est-ce qui produit la rosée ? — 2. A quelle époque de l'année est-elle plus abondante ? — **3-1.** Par quoi est produite la gelée blanche ? — 2. Quels désastres peut-elle causer ? — 3. La lune a-t-elle quelque influence sur la gelée ? — **4-1.** Comment sont formés les brouillards et les nuages ? — 2. Où rencontre-t-on particulièrement les brouillards ? — **5-1.** Qu'est-ce que la pluie ? — la neige ? — 2. La présence de la neige sur la terre est-elle salutaire ? — **6-1.** Quelle cause produit les vents ? — 2. Quelle est leur direction sur terre ? — 3. Au bord de la mer ?

Rédaction. Expliquer l'origine de la rosée ; dire pourquoi elle est plus ou moins abondante suivant l'état du ciel et suivant aussi la nature des objets qui la reçoivent.

CHAPITRE XIII

ÉLECTRICITÉ

1. — 1. Les anciens avaient déjà remarqué que l'ambre gris (*électron*, en grec), lorsqu'il est frotté, possède la propriété d'attirer les corps légers.

Si nous frottons à notre tour une baguette de verre, un bâton de cire, le manche d'un porteplume en ébonite, etc., nous verrons que, comme l'ambre gris, ils possèdent la propriété d'attirer de petits morceaux de papier, de la sciure de bois, de petits morceaux de liège mis à leur portée.

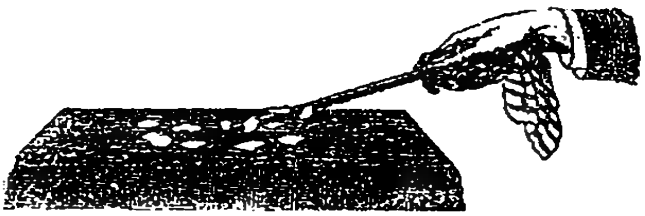


Fig. 356. — Le fer frotté, isolé par la soie, attire le papier.

2. A cette propriété, que viennent de prendre ces corps frottés, on a donné le nom **d'électricité.**

2. Bons conducteurs. Mauvais conducteurs de l'électricité. — 1. Si au lieu de frotter un bâton de verre, nous tenons à la main une tige de fer et que nous la frottions, nous constaterons qu'elle n'attire pas les corps légers. Il ne s'en suit pas pour cela que le fer soit incapable d'être électrisé par frottement : chez lui, l'électricité développée aux points frottés n'y est pas restée; elle s'est répandue dans toute sa masse, puis dans la main qui la tenait et de là dans le sol. Le fer, le corps humain, la terre qui ont laissé se répandre l'électricité sont dits *bons conducteurs de l'électricité*. Tandis que l'ambre, le verre, la cire, l'ébonite

qui ont gardé l'électricité aux endroits frottés sont de *mauvais conducteurs de l'électricité.*

2. On peut, par frottement, électriser un corps bon conducteur, il suffit de l'*isoler* en lui donnant comme support un mauvais conducteur. Ainsi une baguette de fer prolongée par un manche en verre (fig. 357) ou isolée par la soie peut être électrisée par frottement et attirer les corps légers, parce que l'électricité développée dans le fer n'a pu traverser le verre, mauvais conducteur, pour s'écouler par la main dans le sol.

Fig. 357
Corps conducteur isolé par un manche de verre.

Tous les métaux, les liquides, les corps des animaux, la terre, les gaz humides, sont de bons conducteurs de l'électricité. Le verre, la résine, la gutta-percha, la cire, la soie, le papier, les gaz secs, sont de mauvais conducteurs.

3. Les deux espèces d'électricité. — Le *pendule électrique* se compose d'une petite boule de sureau suspendue à un support en verre par un fil de soie.

Si nous approchons de la boule du pendule un bâton de verre électrisé, la boule se précipite sur le bâton, le touche et s'en éloigne aussitôt, étant elle-même électrisée puisqu'elle attire les objets légers, des barbes de plume par exemple.

Si maintenant nous approchons de la boule, qui fuit le bâton de verre, un bâton de résine électrisé, la boule se précipite sur ce bâton.

Nous aurions pu faire l'opération inverse : présenter d'abord le bâton de résine, puis le bâton de verre, les mêmes phénomènes se seraient produits.

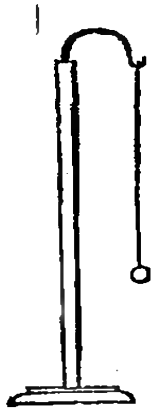


Fig. 358.
Pendule électrique.

La boule de sureau s'éloignant d'un bâton quand elle se précipite sur l'autre indique que l'électricité développée sur le verre n'est pas la même que celle qui est développée sur la résine.

La première est appelée *électricité positive ;* la deuxième est appelée *électricité négative.*

L'électricité positive se représente graphiquement par le signe + ; l'électricité négative se représente par le signe —.

Au moyen d'expériences qui permettent de distinguer l'espèce d'électricité possédée par un corps, on remarque que la boule du pendule touchée par le bâton de verre s'est électrisée positivement; elle s'est au contraire électrisée négativement par son contact avec un bâton de résine.

Ce qui s'est passé est aisé à expliquer. Les deux électricités, positive et négative, qui se manifestent dans les corps électrisés, tendent toujours, à se réunir et à se neutraliser. Le morceau de verre électrisé, touchant la boule de sureau, a pris à cette boule une partie de l'électricité négative qu'elle contenait pour refaire de l'électricité neutre ; et ce phénomène a laissé libre dans la boule une quantité plus ou moins grande d'électricité positive. Touchée par le bâton de résine, la boule perd son électricité positive et devient électrisée négativement. En un mot la boule du pendule a la même électricité que le bâton qui l'a touchée.

Après les expériences ci-dessus, il est aisé de conclure que :

1° *Un corps électrisé attire à lui un corps qui ne l'est pas et l'électrise de la même électricité qu'il possède lui-même;*

2° *Deux corps électrisés se repoussent s'ils sont chargés de la même électricité; ils s'attirent s'ils sont chargés d'électricité différente.*

4. Électrisation par influence. — Prenons une boule de cuivre isolée par un pied de verre et électrisons-la positivement. Prenons également un cylindre de cuivre supporté par un pied isolant. Si nous plaçons la boule à peu de distance du cylindre, nous remarquons que le cylindre s'électrise, négativement dans la partie la plus rapprochée de la boule, positivement dans

l'autre partie. Par influence, la boule a électrisé le cylindre, attiré le plus possible à elle l'électricité de nom contraire, et repoussé l'autre.

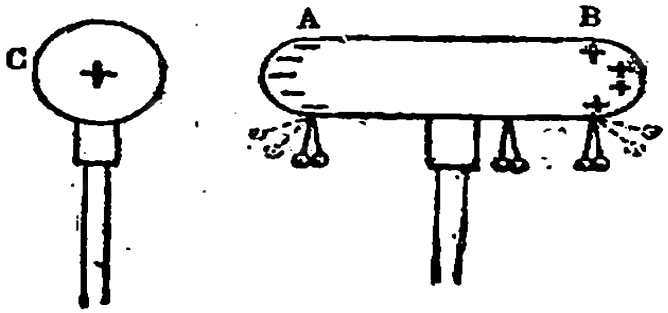


FIG. 359. — Électrisation par influence.

5. Où se porte l'électricité libre dans un corps. — L'électricité libre, dans un corps, se porte à la surface de ce corps, et le plus possible aux extrémités. Si le corps est sphérique, l'électricité est également répartie sur toute la surface. Si c'est un

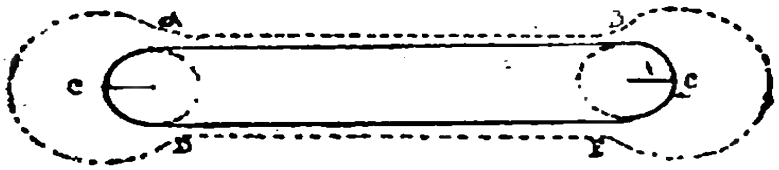


FIG 360. — Distribution de l'électricité sur un cylindre terminé par des demi-sphères

FIG. 361. — Le pouvoir des pointes.

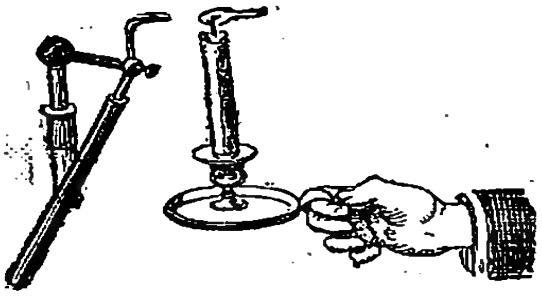


FIG. 362. — Écoulement de l'électricité par une pointe.

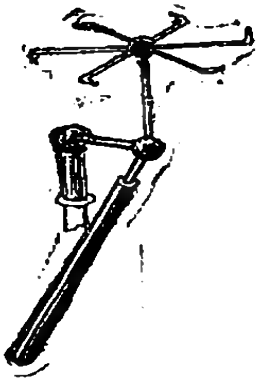


FIG. 363. — Tourniquet électrique.

cylindre, l'électricité est surtout aux deux extrémités. Si, quelque part, il y a une pointe, l'électricité s'amasse dans la pointe et s'échappe au dehors, la résistance de l'air qui maintient l'électricité dans les corps électrisés étant nulle au sommet d'une pointe.

6. L'étincelle électrique. — Si on met en présence

deux corps conducteurs électrisés de fluide contraire, leurs électricités tendent à se réunir ; si la distance qui les sépare est faible, la résistance de l'air est vaincue, et une étincelle jaillit, produite par la réunion des deux électricités.

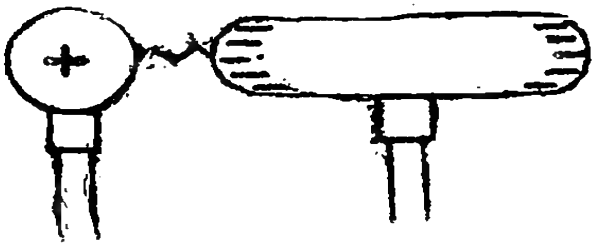


Fig. 364.— L'étincelle électrique. L'étincelle électrique résultant de la combinaison des deux électricités contraires entre deux corps très rapprochés.

Le même phénomène peut se produire entre un corps électrisé et un autre qui ne l'est pas. Le corps électrisé électrise par influence le second, attire l'électricité de nom contraire à la sienne, et les deux corps étant suffisamment rapprochés, l'étincelle jaillit.

RÉSUMÉ

1. Électricité. — L'électricité est la propriété que possèdent les corps frottés d'attirer les corps légers.

2. Bons conducteurs. Mauvais conducteurs de l'électricité. — Les corps sont *mauvais conducteurs* de l'électricité, s'ils gardent l'électricité aux points frottés : verre, résine, cire; ils sont *bons conducteurs*, s'ils la laissent se répandre dans toute leur masse : métaux, liquides.

Pour électriser par frottement un bon conducteur, il faut l'isoler.

Le pendule électrique est une petite boule de sureau suspendue à un support en verre par un fil de soie. La boule du pendule a la même électricité que la boule qui l'a touchée.

3. Électricité positive. Électricité négative. Fluide neutre. — Il existe deux espèces d'électricités, nommées l'une **positive**, l'autre **négative**. *Deux électricités de même nom se repoussent, de noms différents s'attirent.*

4. Électrisation par influence. — Un corps électrisé électrise par influence les corps près desquels il est placé il attire dans la partie la plus voisine l'électricité de nom contraire à la sienne, et repousse dans la partie opposée l'électricité du même nom.

5. Où se porte l'électricité. — L'électricité se développe à la surface des corps, principalement dans les endroits es plus éloignés; elle s'échappe par les pointes.

6. Étincelle électrique. — L'étincelle électrique jaillit entre deux corps chargés d'électricité différente, ou entre un corps électrisé et un autre qui ne l'est pas.

EXPÉRIENCES A FAIRE

1. Frotter avec une étoffe de laine une tige de verre, un bâton de cire, et les approcher de petits morceaux de papier; ils seront attirés.
2. Frotter une petite tige de fer et constater qu'elle n'attire pas les bouts de papier.
3. Frotter la même tige de fer, en la tenant par la main, entourée d'une étoffe de soie; le fer ainsi *isolé* attirera les petits morceaux de papier.

Questionnaire.

1-1. Quelle propriété possèdent l'ambre, le verre, la cire, quand on les a frottés ? — 2. Qu'appelle-t-on électricité ? — **2-1.** Qu'entendez-vous par corps bons conducteurs et corps mauvais conducteurs de l'électricité ? — 2. Comment électrise-t-on un corps bon conducteur ? — 3. Citez des bons et des mauvais conducteurs de l'électricité. — **3-1.** Combien distingue-t-on de sortes d'électricités ? — Comment se conduisent les corps électrisés en présence des corps non électrisés ? — les corps électrisés entre eux ? — 2. Citez les lois régissant les rapports des corps électrisés entre eux. — **4-1.** Qu'est-ce que l'électrisation par influence ? — 2. Où se porte l'électricité ? — 3. Qu'est-ce qui produit l'étincelle électrique ?

Rédaction : Montrer comment, en frottant un corps, on peut l'électriser; indiquer par quelles expériences il est aisé de prouver qu'il y a deux espèces d'électricité.

CHAPITRE XIV

MACHINES ÉLECTRIQUES

1. Électrophore. — 1. L'électrophore est la plus simple des machines électriques. Il se compose d'un *gâteau de résine* et d'un *plateau de bois* recouvert d'étain, qui peut être manié par une tige en verre.

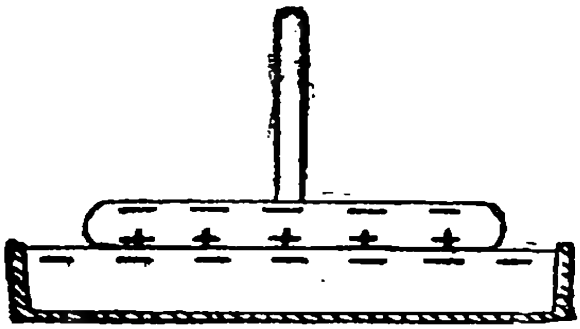


FIG. 365. — Schéma de l'électrisation de l'électrophore.

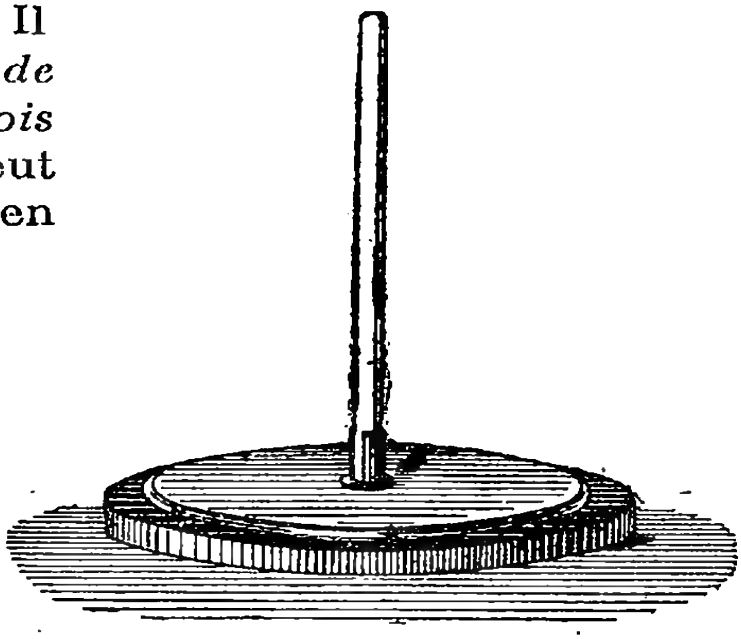


FIG. 366. Électrophore.

2. Pour produire de l'électricité avec cet appareil, on frotte le gâteau de résine avec une peau de chat ou un morceau de laine ; on dépose sur ce gâteau le plateau de bois, puis, pendant qu'il est en contact avec la résine, on touche du doigt la face supérieure du disque de bois. Soulevant ensuite le plateau en le tenant par son manche de verre, on peut attirer avec lui des corps légers.

3. Voici ce qui s'est produit : en frottant le gâteau de résine, on l'a électrisé d'électricité négative. Posant dessus le plateau de bois, ce plateau s'est électrisé positivement sur la face touchant au gâteau de résine et négativement sur la face opposée. Cette dernière mise en communication avec le sol par le doigt a perdu son électricité négative. Il n'est alors resté dans le plateau que de l'électricité positive.

Non seulement ce plateau a été capable d'attirer des corps légers, mais il est capable, approché du doigt ou de tout autre objet, de produire des *étincelles* (fig. 367). C'est une autre propriété de l'électricité qui se manifeste entre deux points chargés d'électricité différente.

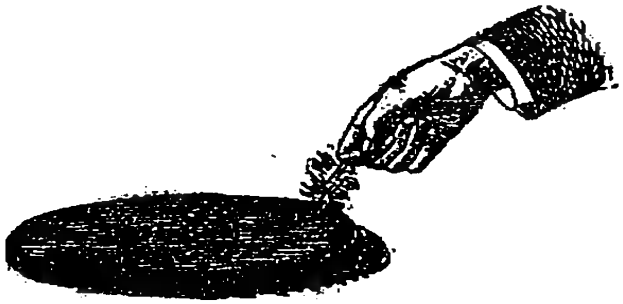


Fig. 367. — Des étincelles jaillissent du gâteau de résine frottée, quand on en approche le doigt.

2. Machine de Ramsden. — Elle se compose d'un *disque de verre* mobile autour de son centre à l'aide d'une manivelle à poignée de verre; cet axe est maintenu par deux montants en bois qu'il traverse. *Deux paires de coussins*, entre lesquels va

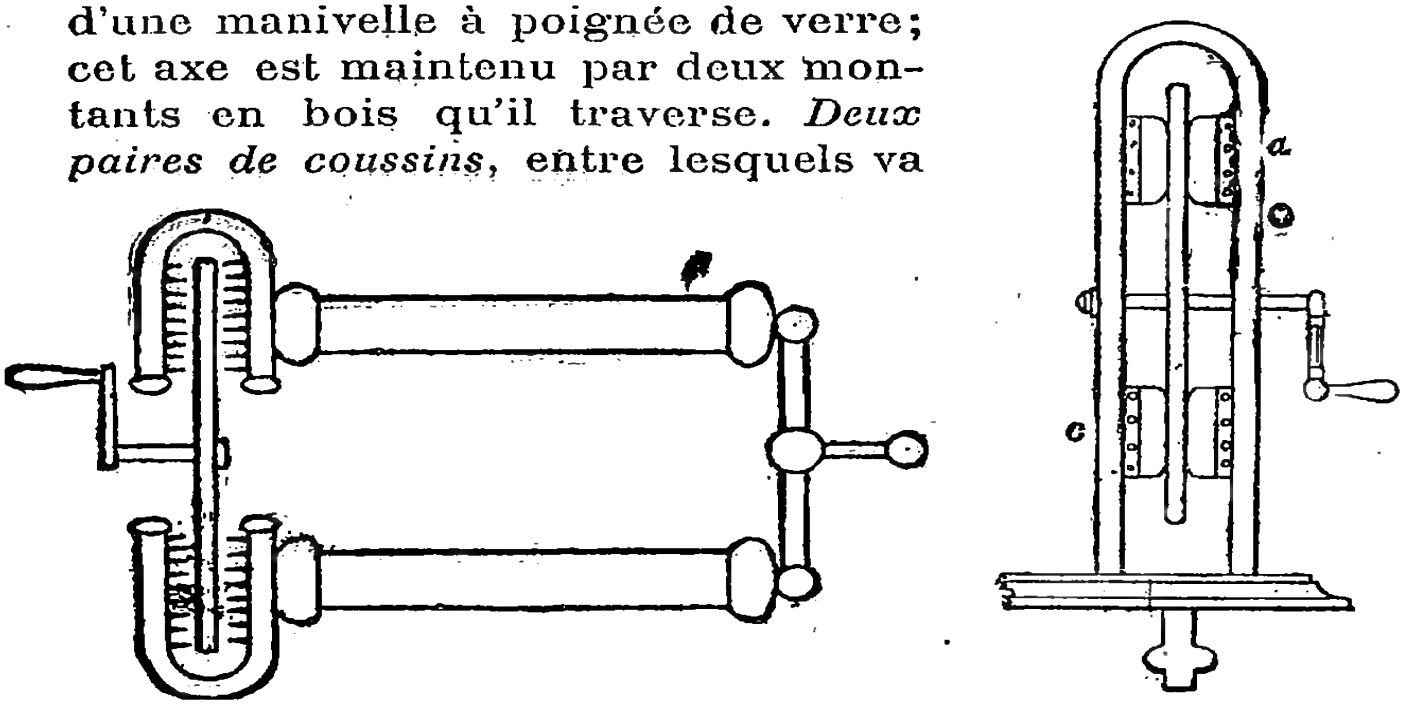


Fig. 368. — Schéma de la machine électrique de Ramsden.

frotter le disque de verre, sont fixés au montant.

Deux cylindres creux, isolés par des pieds de verre et appelés conducteurs, sont placés horizontalement à hauteur du centre de la roue.

La partie des conducteurs voisine du disque de verre se termine par deux pièces en forme d'U, armées de pointes ou *peignes* qui embrassent le plateau et qu'on nomme *mâchoires ;* l'autre extrémité des conducteurs

teurs terminée en boule ; lorsque l'on fait tourner la roue de verre, par le frottement entre les coussinets elle se charge d'électricité positive électrise par influence les conducteurs, appelle la négative, et repousse la positive.

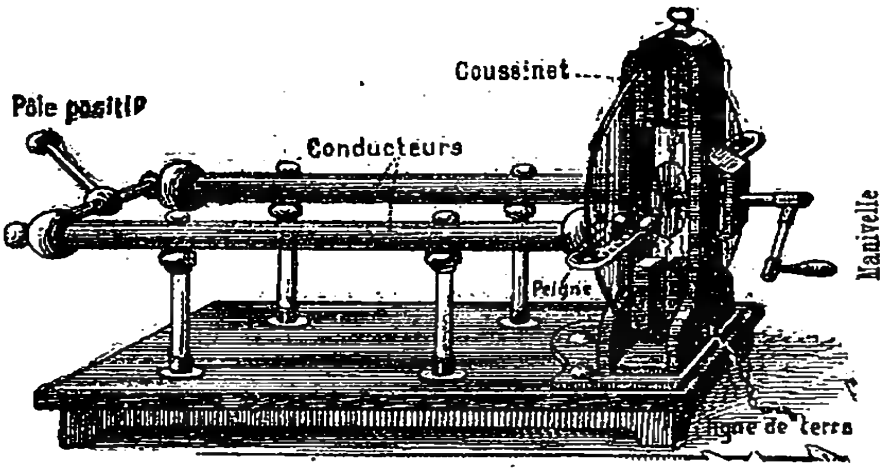


Fig. 369. — Machine électrique de Ramsden.

L'électricité négative des conducteurs s'écoule par les pointes des mâchoires, de sorte qu'on trouve à l'extrémité des conducteurs terminée en boule la plus grande charge d'électricité positive.

Les coussins sont reliés entre eux et au sol par une chaîne, de manière à permettre l'écoulement de l'électricité négative dont ils sont chargés.

Avec des machines plus puissantes on arrive à produire des étincelles qui peuvent atteindre 1 mètre de longueur et plus même.

3. Les effets de l'électricité. — Nous avons déjà vu que les corps électrisés peuvent attirer à eux des corps légers. L'électricité produit d'autres effets.

1° *Des effets mécaniques.* — Une forte décharge à travers un corps mauvais conducteur, une lame de verre par exemple, le troue ou le brise.

2° *Des effets lumineux.* — L'étincelle électrique dans l'air est une lumière blanche très vive ; à travers un gaz quelconque, elle prend une couleur spéciale suivant la nature du gaz : dans l'*hydrogène*, elle est pourprée; dans l'*acide carbonique*, elle est verdâtre.

3° *Des effets calorifiques.* — L'électricité passant à travers des fils métalliques minces, les échauffe, les rougit, les fond, les volatilise même.

4° *Des effets chimiques.* — Une étincelle électrique jaillissant dans le gaz ammoniac le décompose ; elle provoque au contraire la combinaison d'un mélange d'oxygène et d'hydrogène, au milieu duquel elle est produite.

5° *Des effets physiologiques.* — Une étincelle produit sur la surface de la peau une piqûre souvent vive; à travers le corps, une forte étincelle fait éprouver une commotion parfois douloureuse; on peut avec une étincelle très forte provoquer la mort, tuer des animaux très vigoureux.

ORAGES

4. — 1. A partir du moment où l'on put obtenir de grandes étincelles électriques avec de puissantes machines, il fut facile de constater l'analogie qui existe entre ces étincelles et la *foudre* : même forme sinueuse, même couleur violacée ; comme l'étincelle électrique, mais en plus fort, la foudre brise les corps mauvais conducteurs, elle fond et volatilise les bons conducteurs, elle incendie les matières combustibles, elle frappe de paralysie, et de mort parfois, les hommes et les animaux qu'elle atteint.

FIG. 370. — Arbre frappé par la foudre.

Le doute n'était plus possible : la foudre est un phénomène électrique ; *l'éclair est une vaste étincelle électrique* jaillissant entre un nuage chargé d'électricité et un point du sol, ou entre deux nuages chargés d'électricité différente.

2. L'éclair est accompagné d'un bruit appelé *tonnerre* causé par l'ébranlement des couches d'air sur le passage de l'étincelle. Alors que l'étincelle dure un temps infiniment court, le tonnerre se prolonge bien longtemps après que la lumière a disparu. C'est que la lumière se propage infiniment vite, alors que le son

produit à chaque point de l'étincelle, ne nous arrive qu'avec une vitesse de 340 mètres par seconde. Il dure donc pendant tout le temps qui s'écoule entre l'instant où nous avons perçu le bruit venant du point de l'éclair le plus près de nous jusqu'au moment où nous percevrons celui qui vient du point le plus éloigné. Or, des éclairs peuvent avoir 2 et 3 lieues de longueur ; nous voyons que le son peut se prolonger longtemps. Il est en outre renforcé par les échos des montagnes, ou des nuages.

3. *La foudre frappe de préférence les endroits élevés :* clochers, arbres isolés; aussi, en temps d'orage, est-il préférable de ne pas s'abriter sous le porche des églises, non munies de paratonnerre, ou sous les arbres en plaine.

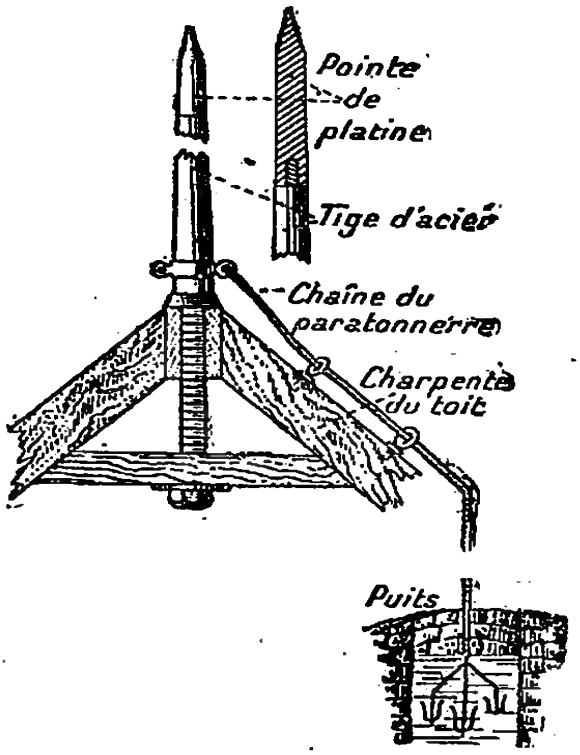


Fig. — 371.

5. **Paratonnerre.** — 1. Le paratonnerre consiste en une longue tige en fer terminée par une pointe en platine noxydable (fig. 371), placée sur le sommet des édifices et prolongée jusque dans un puits voisin, ou un puisard au moyen d'un conducteur métallique non interrompu et mis en communication avec toutes les masses métalliques de l'édifice.

2. Si un nuage chargé d'électricité vient à passer au-dessus d'un édifice, il l'électrise par influence, attire à lui dans la partie de l'édifice la plus rapprochée, c'est-à-dire dans la tige du paratonnerre, l'électricité contraire et refoule dans le puits l'électricité semblable. Or, les pointes ont la propriété de laisser s'écouler l'électricité, dès qu'elle se produit; alors l'électricité appelée dans la tige du paratonnerre s'en échappe peu

à peu. Le paratonnere empêche ainsi l'accumulation de l'électricité dans les parties élevées de l'édifice et évite l'éclair ; si un éclair jaillit, le paratonnere seul est frappé et l'électricité en mouvement suit le conducteur et va au sol. C'est à Franklin que l'on doit l'invention du paratonnerre.

RÉSUMÉ

1. Électrophore. — L'électrophore se compose d'un gâteau de résine, d'un disque de bois maniable par un manche de verre. On le charge d'électricité en frottant la résine; déposant le plateau sur la résine et le touchant du doigt, on le retire chargé d'électricité positive. On en tire des étincelles.

2. Machine de Ramsden. — La machine de Ramsden se compose d'un disque de verre mobile entre deux coussins et de deux cylindres creux ou *conducteurs*, terminés du côté du disque par les *mâchoires*, garnies de pointes ou peignes; du côté opposé, par une boule.

L'électricité positive produite par le frottement décompose l'électricité neutre des conducteurs; l'électricité négative s'écoule alors dans le sol par une chaîne reliée aux pointes des mâchoires; l'électricité positive se porte à l'extrémité des conducteurs.

3. Effets de l'électricité. — L'électricité produit des effets *mécaniques*, *chimiques*, *lumineux*, *calorifiques*, *physiologiques*.

4. Orages. — La *foudre* est un phénomène électrique; l'*éclair* est une vaste étincelle électrique.

La foudre atteint de préférence les endroits élevés.

5. Paratonnerre. — Le *paratonnerre* préserve les édifices de la foudre, parce que sa pointe permet à l'électricité contraire à celle qui charge le nuage de s'écouler.

Questionnaire.

1-1. Décrivez l'électrophore. — 2. Comment électrise-t-on le plateau de l'électrophore. — 3. Quelles propriétés possède ce plateau une fois électrisé ? — **2.** Décrivez la machine de Ramsden. — **3.** Quels sont les effets de l'électricité ? — **4-1.** Quelles sont les analogies existant entre la foudre et l'électricité ? — 2. Comment est produit le tonnerre ? — Pourquoi le bruit du tonnerre suit-il l'éclair ? — 3. Quels objets la foudre frappe-t-elle de préférence ? — **5-1.** En quoi consiste le paratonnerre ? — 2. Comment protège-t-il les édifices ?

RÉDACTION : Décrivez un paratonnerre et faites comprendre comment il peut préserver de la foudre.

CHAPITRE XV

COURANTS ÉLECTRIQUES

1. — Une action mécanique, comme le frottement, n'est pas seule capable de donner naissance à de l'électricité ; une action chimique, la décomposition de l'eau par exemple, peut encore en fournir. C'est l'électricité provenant de cette action chimique qu'on développe dans les piles.

2. **Pile de Volta.** — 1. La première *pile* connue porte le nom de VOLTA, savant italien, son inventeur.

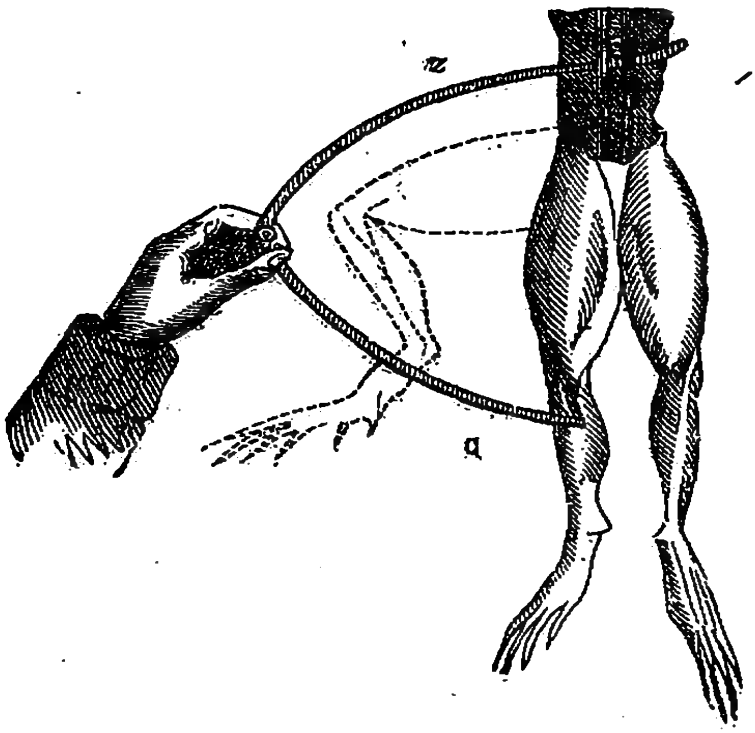


FIG. 372. — Expérience de Galvani.

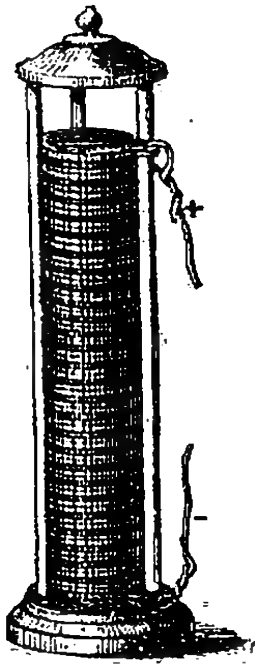


FIG. 373.
Pile de Volta.

2. C'est à la suite d'une observation de *Galvani* que cette électricité provenant d'une action chimique fut dévoilée par Volta.

Vers 1786, Galvani, médecin italien, vit un jour une

grenouille, qu'il avait coupée en deux et dépouillée, se contracter au contact d'un arc métallique formé de zinc et de cuivre, engagé, d'une part, sous les nerfs de la région lombaire et approché, d'autre part, des muscles de la jambe. La commotion qui remuait les muscles de la grenouille était comparable à celle qu'aurait produite une décharge électrique. C'est en cherchant à expliquer ce phénomène que Volta imagina sa pile.

Elle se composait (fig. 373) de rondelles empilées les unes au-dessus des autres dans l'ordre suivant: disque de cuivre, rondelle de drap imbibé d'eau acidulée, disque de zinc ; puis cuivre, drap, zinc, cuivre, drap, zinc, etc., jusqu'au dernier zinc. La première et la dernière rondelles métalliques étaient prolongées par des fils de cuivre.

En approchant l'une de l'autre les extrémités de ces fils, on vit apparaître une étincelle semblable à celle qui se dégage de l'électrophore.

3. L'électricité qui court dans les fils a pris le nom de *courant électrique;* elle est produite par l'action chimique de l'eau acidulée sur la plaque de zinc, en présence d'une lame de cuivre non attaquée. Le dernier cuivre de la pile est appelé *pôle positif;* le dernier zinc, *pôle négatif;* et l'on dit que, dans les fils, le courant va du pôle positif au pôle négatif lorsque les fils sont réunis.

3. **Pile de Bunsen.** — 1. Dans les piles actuelles, les liquides, au lieu d'imbiber une étoffe, sont contenus dans des vases. Une pile très couramment employée est celle de Bunsen.

Chaque *élément* de cette pile comprend deux vases placés l'un dans l'autre, l'extérieur est en poterie vernissée, l'intérieur en terre poreuse. Une feuille de zinc entoure le vase intérieur, dans lequel plonge un cylindre de charbon de cornues (remplaçant le cuivre de la pile de Volta). Entre les deux vases on verse de l'eau acidulée à l'acide sulfurique et dans le vase intérieur, de l'eau acidulée à l'acide azotique.

Pour monter une pile à l'aide de plusieurs éléments semblables, on réunit, par un fil métallique, le zinc de l'un des éléments au charbon de l'élément suivant,

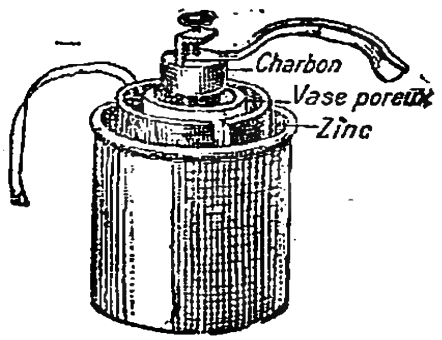


FIG. 374. — Pile de Bunsen.

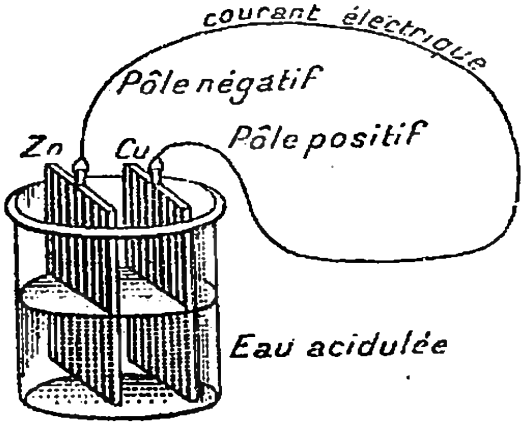


FIG. 375. — Pile à vases.

et ainsi de suite. Le dernier zinc est le pôle négatif; le dernier charbon, le pôle positif. On prolonge les deux piles par des fils de cuivre.

4. Pile de Daniel. — La pile de Daniel a un courant d'une moins grande intensité que celui de la pile de Bunsen, mais il est d'une plus parfaite régularité et la pile de Daniel ne dégage pas comme celle de Bunsen des vapeurs nitreuses désagréables.

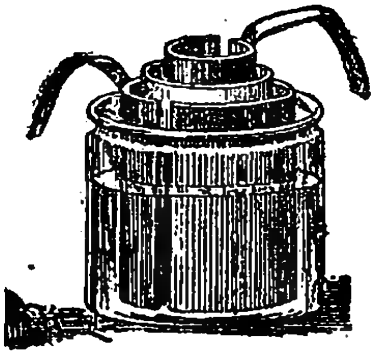


FIG. 376.--Pile de Daniel.

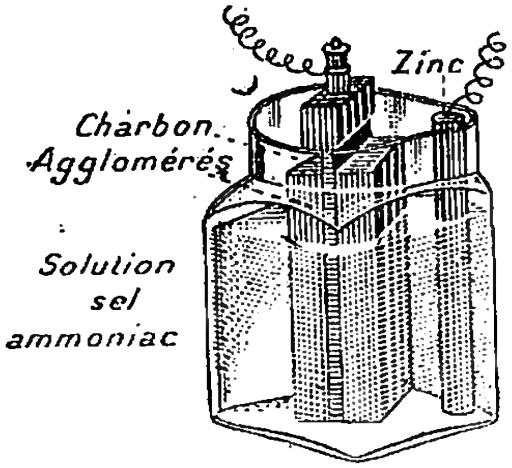


FIG. 377. — Éléments de la pile Leclanché.

Dans cette pile, le pôle positif est une lame de cuivre plongeant dans une dissolution de sulfate de cuivre.

5. Pile Leclanché. — La pile Leclanché, d'un usage facile, est surtout employée pour les sonneries des appartements.

Le pôle positif est une lame de charbon placée entre deux plaques d'un mélange de bioxyde de manganèse

et de coke. Le pôle négatif est une tige de zinc. Les deux pôles plongent dans une dissolution de sel ammoniac.

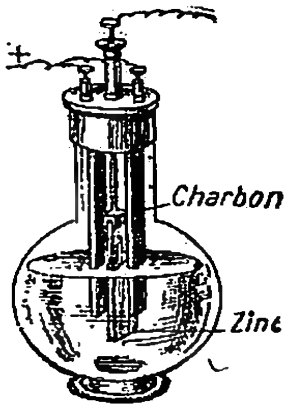


Fig. 378. — Pile au bichromate à un liquide.

6. Pile au bichromate, — Dans cette pile le pôle positif est composé de deux lames de charbon des cornues. Le pôle négatif est une lame de zinc placée entre les lames de charbon. Les deux pôles plongent dans une eau acidulée contenant en dissolution du bichromate de potassium.

7. Effets du courant électrique. — Le courant électrique, fourni par les piles, produit les mêmes effets que l'électricité donnée par les machines électriques.

8. Effets calorifiques. — Lorsqu'un courant électrique traverse un fil bon conducteur, il l'échauffe. Cet échauffement est d'autant plus grand que l'intensité du courant est elle-même plus grande et que le fil est plus fin. La chaleur développée peut être assez forte pour *rougir* le fil, pour le faire *fondre* même. En médecine on tire profit de cette propriété pour la cautérisation des plaies.

9. Effets lumineux. — Les effets lumineux produits par l'énergie électrique sont utilisés sous deux formes : l'*incandescence* d'un conducteur dans le vide, et l'*arc voltaïque*.

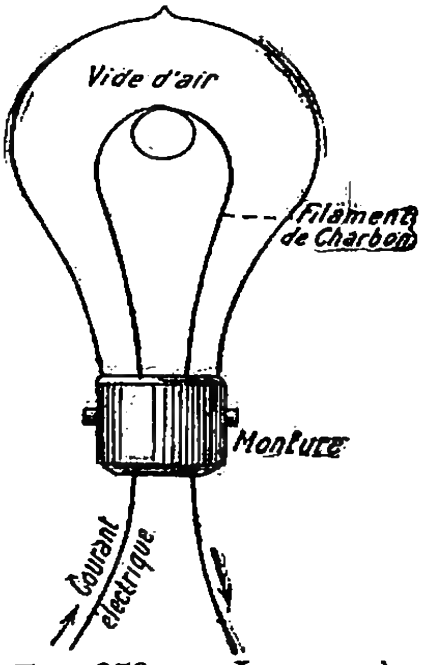


Fig. 379. — Lampe à incandescence.

La *lampe à incandescence* se compose d'une ampoule de verre dans laquelle on a fait le vide et qui contient un mince fil de platine ou de charbon, capable de supporter une haute température sans fondre. Un passage d'un courant électrique rend ce fil incandescent sans en amener la combustion.

La *lampe à arc* se compose de deux baguettes de charbon taillées en pointe et placées dans le circuit d'un courant intense. Les deux pointes étant légèrement écartées l'une de l'autre, le courant détermine entre les deux charbons une lumière continue, rendue plus brillante par l'incandescence des particules de carbone détachées des charbons.

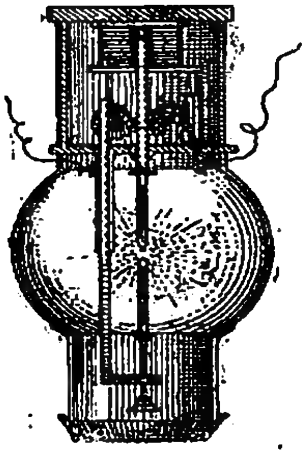


FIG. 380. — Lampe à arc.

Les lampes à arc sont utilisées pour l'éclairage des grands espaces : rues, places, etc. La lampe à incandescence, d'une lumière plus douce, sert à l'éclairage des appartements.

La température très élevée de l'arc voltaïque est utilisée pour souder les métaux à eux-mêmes et dans les fours électriques pour préparer le carbure de calcium, l'aluminium, etc.

10. Effets chimiques. — Lorsqu'on fait passer un

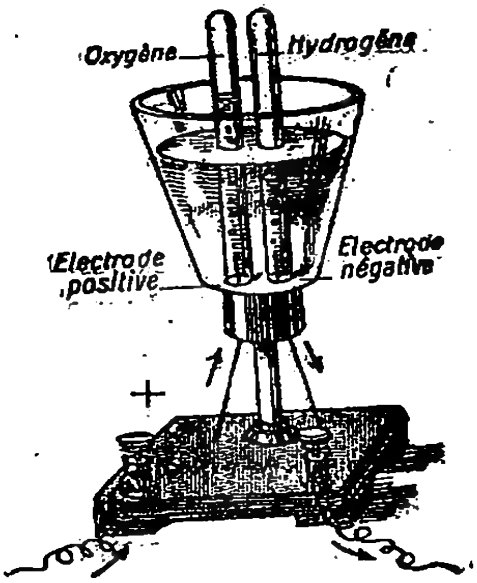


FIG. 381. — Décomposition de l'eau par le voltamètre.

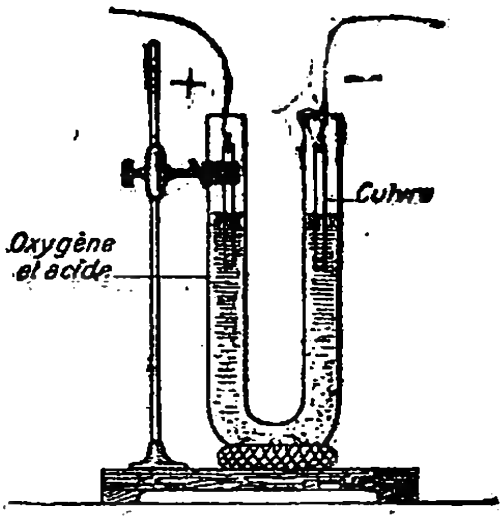


FIG. 382.

courant à travers un *composé conducteur liquide*, il y a décomposition du liquide en des produits simples. Une dissolution de sulfate de cuivre se décompose en

cuivre qui se dépose au pôle négatif et en oxygène et en acide qui se rendent au pôle positif.

De l'eau rendue conductrice au moyen de quelques gouttes d'acide sulfurique est décomposée en hydrogène qui va au pôle négatif et en oxygène qui va au pôle positif.

La propriété qu'il a de décomposer les sels est utilisée dans l'industrie de la *galvanoplastie*, de la *dorure*, de l'*argenture*, du *nickelage*, etc.

5. Galvanoplastie. — 1. La galvanoplastie consiste à reproduire en cuivre, par un courant de pile, les menus détails d'un modelage.

2. Pour reproduire, par exemple, une des faces d'une

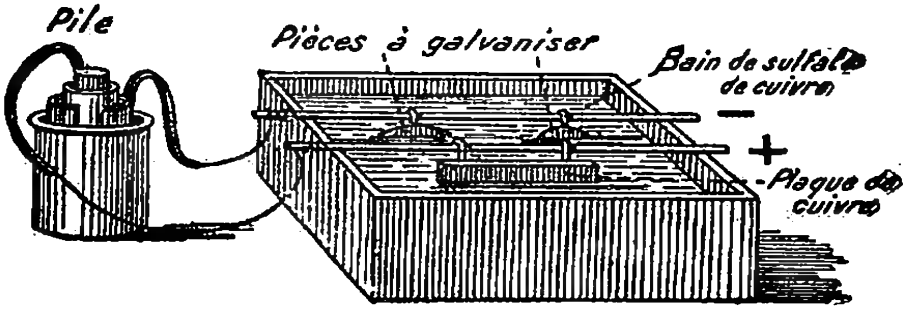


FIG. 383. — Cuve à galvanoplastie.

médaille, on commence par faire un moule de cette face. Pour cela on y applique de la gutta-percha amollie qui prend en creux tous les détails en bosse de la face à reproduire (comme vous le feriez avec de la mie de pain tendre) On enduit cette empreinte d'une légère couche de mine de plomb pour la rendre conductrice et on la suspend par un fil de cuivre dans un bain saturé de sulfate de cuivre (fig. 383) à l'extrémité du *pôle négatif* d'une faible pile. En regard du moule plonge dans le même bain une plaque de cuivre suspendue à l'extrémité du *pôle positif* de la même pile. Dès que le courant passe dans la dissolution, il la décompose, et le cuivre qu'elle contenait se porte molécule par molécule sur le moule qui se trouve bientôt recouvert. On arrête l'opération quand la couche de cuivre est assez épaisse et on détache le cliché du moule.

4. Si l'on veut *cuivrer* l'objet lui-même, au lieu de le reproduire, c'est lui que l'on plonge dans le bain après avoir parfaitement nettoyé sa surface ; c'est ce qu'on appelle la galvanisation.

Pour l'*argenture*, la *dorure*, le *nickelage*, le principe est le même, le bain seul change ainsi que la plaque placée au pôle positif ; c'est avec un sel d'argent, d'or, de nickel, qu'on fait la dissolution, et c'est toujours au pôle négatif que se porte le métal du sel pour en recouvrir l'objet qui s'y trouve suspendu.

RÉSUME

1. Courants électriques. — Une action chimique, par exemple la décomposition de l'eau, est capable de produire de l'électricité.

2. Pile de Volta. — La **pile de Volta** se compose de rondelles de zinc, de drap imbibé d'eau acidulée, de cuivre, empilées les unes au-dessus des autres. Le dernier cuivre est le *pôle positif;* le dernier zinc, le *pôle négatif ;* le courant va, extérieurement, de la pile du pôle positif au pôle négatif.

3. Pile de Bunsen. — Un élément de **pile de Bunsen** se compose d'un vase extérieur, d'une lame de zinc contournée, d'un vase poreux, d'un cylindre en charbon de cornues; le zinc baigne dans l'acide sulfurique, le charbon dans l'acide azotique. Pour monter une pile on réunit le zinc d'un élément au charbon de l'élément suivant.

La *pile Leclanché* est une modification de la pile de Bunsen.

4. Effets de l'électricité. — Les effets de l'électricité des piles sont : *lumineux, calorifiques, physiologiques, chimiques* (décomposition de l'eau en deux volumes d'hydrogène pour un d'oxygène, décomposition des sels).

5. Galvanoplastie. — La galvanoplastie consiste à reproduire les détails d'un modelage. Elle repose sur la propriété, que possède le courant, de décomposer un sel, pour porter son métal au pôle négatif. Le *cuivrage*, la *dorure*, l'*argenture*, le *nickelage* sont fondés sur le même principe.

EXPÉRIENCES A FAIRE

1. Renouveler l'expérience de Galvani (n° 2, § 2).
2. Faire un élément de pile voltaïque en plongeant dans

un verre contenant de l'eau acidulée une lame de zinc et une lame de cuivre et en prolongeant les deux par un fil de cuivre. L'extrémité de ces fils placée sur la langue causera une sensation particulière produite par le passage du courant électrique.

3. Observer la pile employée pour la sonnerie électrique des appartements.
4. Plonger dans de l'eau légèrement acidulée les fils de cuivre de la pile précédente : vous verrez des bulles se dégager à chaque pôle.

Questionnaire.

1-1. Une action chimique peut-elle produire de l'électricité? 2. Que savez-vous de l'expérience de Galvani ? — 2-1. Décrivez la pile de Volta. — 2. Qu'appelle-t-on courant électrique ? — pôle positif ? — pôle négatif ? — Quelle est la direction du courant ? — 3-1. Décrivez la pile de Bunsen. — 2. la pile de Daniel. — 3. la pile Leclanché. — 4. la pile au bichromate. — 4. Quels sont les divers effets de l'électricité des piles ? calorifiques ? lumineux ? chimiques ? — Comment utilise-t-on la propriété que possède l'électricité de décomposer la plupart des corps ? — 5-1. Qu'est-ce que la galvanoplastie ? — 2. Comment reproduit-on une médaille ? — 3. Comment peut-on cuivrer, argenter, dorer, nickeler un objet ?

Rédaction : Décrire les effets du courant électrique et en donner es principales applications.

CHAPITRE XVI

AIMANTS

1. Magnétisme. — 1. On trouve dans la terre, notamment en Suède et dans l'île d'Elbe, un certain minerai de fer qui a la propriété d'attirer le fer ; à ce minerai on donne le nom d'*aimant naturel*. Mais généralement les aimants employés sont des *aimants artificiels* ; ils affectent la forme soit d'un fer à cheval (fig. 385), soit d'une barre droite, soit d'une aiguille en forme de losange très allongé (fig. 384).

FIG. 384.
Aiguille aimantée.

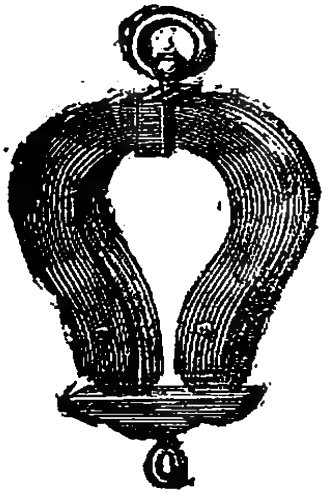


FIG. 385.
Aimant artificiel.

2. Pour aimanter un barreau de fer et le transformer en aimant artificiel, il suffit de le frotter, toujours dans le même sens, soit avec un aimant naturel, soit avec un barreau déjà aimanté.

3. Dans un barreau aimanté,

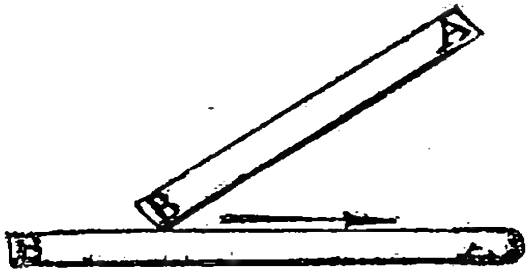


FIG. 386. — Aimantation par simple touche.

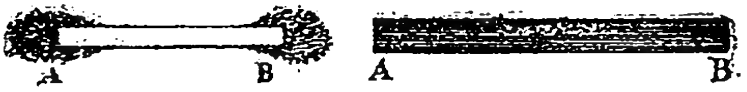


FIG. 387.

ce sont seulement les extrémités ou pôles qui possèdent la propriété d'attirer le fer, au centre se trouve un *espace neutre*. On le constate en projetant sur le barreau de la limaille de fer ; elle forme des houppes aux extrémités et ne s'attache pas au centre (fig. 387). Mais si l'on vient à briser en deux un aimant par son

milieu, les deux nouvelles extrémités prennent la propriété d'attirer le fer.

2. Direction de l'aiguille aimantée. — 1. Si, sur un pivot vertical on dépose une aiguille aimantée, on constate qu'un de ses pôles, toujours le même, se dirige vers le nord géographique, l'autre par conséquent vers le sud. Nous appelons *pôle nord* et *pôle sud* chacun des pôles de cette aiguille.

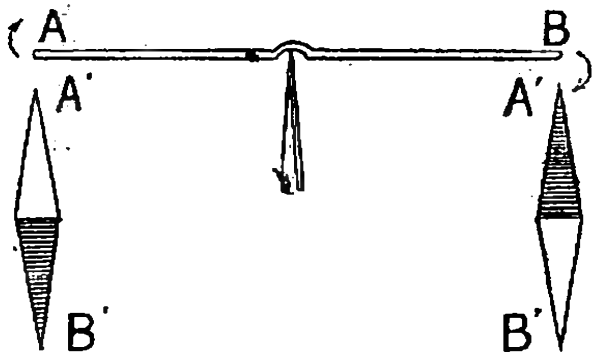


Fig. 388. — Attraction et répulsion des pôles.

Répétant la même expérience avec une autre aiguille, pareillement placée, nous marquons d'un même signe les pôles se dirigeant du même côté.

3. Approchant alors l'un de l'autre les pôles semblablement marqués sur nos aiguilles, nous constatons (fig. 388) que *les pôles semblables se repoussent*. Si, au contraire, nous approchons le pôle nord de l'un du pôle sud de l'autre, nous constatons qu'ils s'attirent.

Nous pouvons facilement répéter ces expériences avec deux plumes aimantées par frottement avec un petit aimant et formuler ces lois :

Deux pôles du même nom se repoussent, deux pôles de noms différents s'attirent.

3. Boussole. — 1. La propriété que possède l'aiguille aimantée d'indiquer la direction nord-sud géographique est utilisée dans la boussole, qui rend de si grands services aux navigateurs.

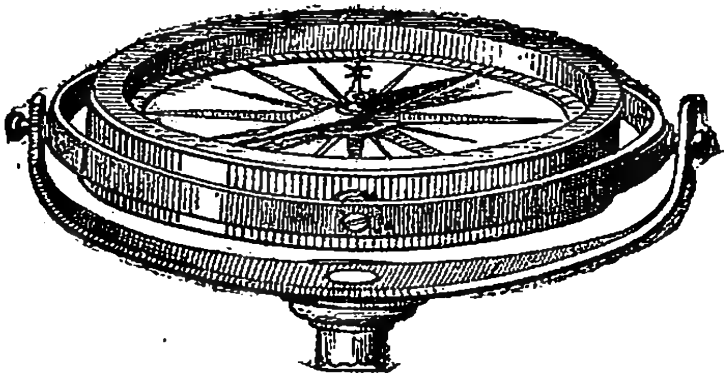


Fig. 389. — Boussole.

2. La boussole appelée aussi compas (fig. 389) est une aiguille aimantée mobile sur un petit pivot vertical,

enfermée dans une boîte en cuivre dont le couvercle est en verre. L'aiguille peut se mouvoir devant un cadran divisé en degrés.

4. **Électro-magnétisme.** — On peut aimanter du fer autrement que par le frottement avec un aimant. Si l'on entoure une baguette de fer d'un fil de cuivre, enveloppé de soie, parcouru par un courant, le fer devient aimanté. Si le fer employé est du fer pur, dit *fer doux*, il est instantanément *aimanté dès que le courant passe*, mais *cesse instantanément d'être aimanté dès que le courant a cessé de passer*. L'aimant obtenu sous l'influence d'un courant est dit *électro-aimant*.

5. **Électro-aimant.** — 1. Le dispositif qu'on donne ordinairement à un électro-aimant est le suivant : un barreau de fer doux, cylindrique, contourné en fer à cheval, a ses deux branches qui pénètrent dans deux bobines en bois (fig. 390). Autour de ces bobines est enroulé un fil de cuivre isolé par de la soie (verte généralement) ; le fil d'une bobine est prolongé dans la bobine voisine ; le commencement et la fin de ce fil restent pendants. Pour permettre au courant de passer autour du barreau de fer doux, on attache les fils pendants aux fils qui prolongent les pôles de la pile. La pièce de fer qu'attire l'aimant pendant le passage du courant est dite l'*armure* de l'électro-aimant.

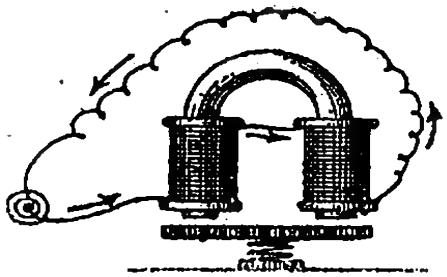


Fig. 390.— Électro-aimant. Quand le courant passe, la pièce de fer est attirée ; elle cesse de l'être, quand le courant ne passe plus.

2. C'est cette propriété du fer doux d'être *aimant*, quand le courant passe, et de cesser de l'être, quand il cesse de passer, qu'on a utilisée dans tous les appareils d'électro-magnétisme, le télégraphe électrique par exemple.

6. **Sonnerie électrique.** — La sonnerie électrique est une application industrielle de l'électro-aimant qui peut être considérée comme le type de toutes les autres.

Elle se compose d'un *électro-aimant* fixé dans une boîte et relié à un des pôles d'une pile électrique (*a*). Son *armure* de fer, que prolonge le marteau de la sonnerie, est terminée par une *tige élastique* par laquelle elle est fixée (*b*); elle s'appuie en outre sur un *ressort* (*d*), relié à l'autre pôle de la pile (*e*), et qui la maintient à distance convenable de son électro.

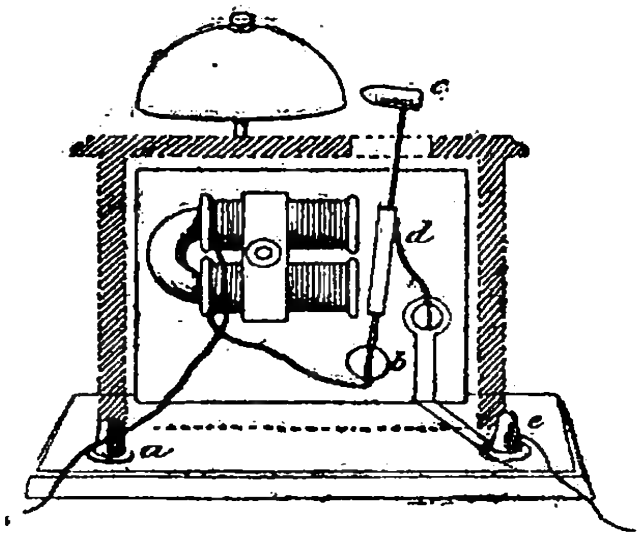


FIG. 391. — Sonnerie électrique. *a*, pôle positif ; — *b*, origine de la tige élastique terminée par le marteau *c* ; — *d*, ressort relié au pôle négatif.

Quand on fait passer le courant, l'électro-aimant, devenu aimant, attire l'armure, et le marteau qui la prolonge vient frapper le timbre de la sonnerie; mais, en même temps, elle perd le contact avec le ressort, ce qui interrompt le courant et la fait revenir ainsi à sa première position; le courant se rétablit aussitôt, elle est de nouveau attirée et ainsi de suite. Un *interrupteur* placé au point de jonction des fils permet de faire cesser la communication ; c'est aussi le bouton d'appel qui établit le courant et met en mouvement la sonnerie. Il se compose de deux lames métalliques et élastiques qui communiquent chacune avec l'une des extrémités du fil allant à la sonnerie. Séparées à l'état ordinaire, ces deux lames sont mises en contact quand on appuie sur le bouton B, et le courant est établi.

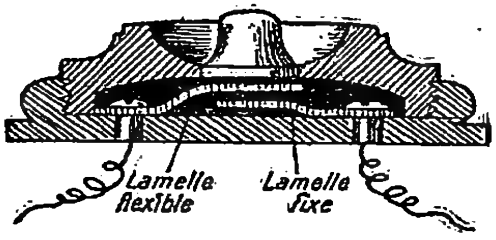


FIG. 392. — Bouton d'appel destiné à établir le courant.

RÉSUMÉ

AIMANTS

1. **Magnétisme.** — Un aimant est un oxyde de fer ou un barreau de fer possédant la propriété d'attirer le fer. Seules les extrémités ou *pôles* possèdent des propriétés aimantantes.

2. **Direction de l'aiguille aimantée.** — *L'aiguille aimantée* indique toujours une position voisine de la direction nord-sud géographique. *Les pôles de même nom se repoussent, de noms différents s'attirent.*

3. **Boussole.** — La boussole consiste en une aiguille aimantée qui indique le nord aux navigateurs.

4. **Électro-magnétisme.** — Un courant passant dans le voisinage d'un barreau de fer peut le transformer en aimant; l'aimantation est instantanée dans le fer doux.

5. **Électro-aimant.** — Un électro-aimant utilise la propriété du fer doux d'être aimant seulement pendant que le courant de pile passe dans son voisinage.

5. **Sonnerie électrique.** — La sonnerie électrique est une application typique de l'électro-aimant.

EXPÉRIENCES A FAIRE

1. Attirer une plume d'acier avec un aimant.
2. Frotter la plume avec l'aimant, elle sera capable d'attirer une autre plume. Constater que l'aimantation ne se produit qu'aux extrémités de l'aimant et pas au milieu.
3. Si l'aimant est cassé par le milieu, des pôles attirants se produiront à l'ancien milieu qui n'attirait pas.
4. Aimanter par le frottement une aiguille à tricoter et la suspendre par son milieu, la même pointe se dirigera toujours du même côté.
5. En aimanter une seconde, et voir comment les pôles de celle-ci agiront sur les pôles de l'autre.

Questionnaire.

1-1. Qu'est-ce qu'un aimant ? — Combien distingue-t-on de sortes d'aimants ? — 2. Comment peut-on aimanter un barreau de fer ? — 3. Qu'appelle-t-on pôles, espace neutre, dans un aimant ? — **2-1.** Quelle direction marque l'aiguille aimantée ? — 2. Comment les pôles de deux aiguilles aimantées agissent-ils entre eux ? — **3-1.** A quoi sert la boussole ? — 2. Décrivez-la. — **4.** Qu'est-ce qu'un électro-aimant ? **5-1.** Quelle est la forme ordinaire de l'électro-aimant ? — 2. A quoi sert-il ? — **6.** Qu'est-ce que la sonnerie électrique ?

RÉDACTION : **Décrire une sonnette électrique et en indiquer le fonctionnement.**

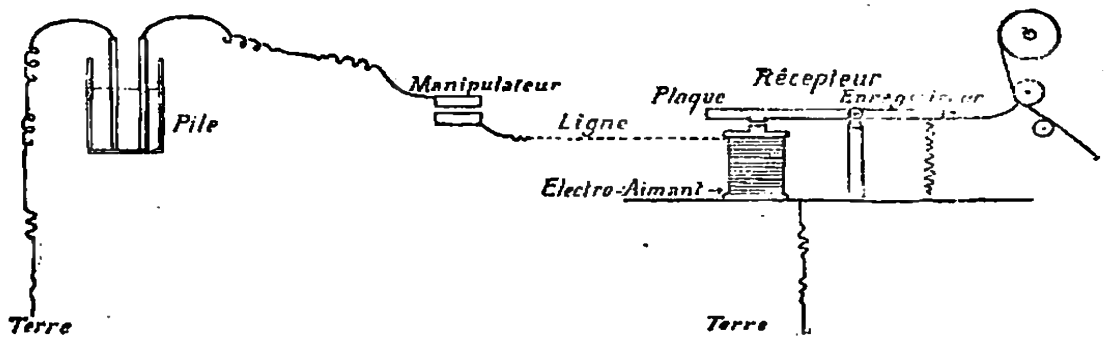


FIG. 393. — Principes de la télégraphie (schéma).

CHAPITRE XVII

TÉLÉGRAPHE ÉLECTRIQUE

1. — Ce télégraphe, à peu près uniquement employé en France par l'Administration des télégraphes, est l'appareil imaginé par l'Américain *Morse*. Il se compose :

1° D'une source d'électricité, la *pile;*

2° D'un *manipulateur*, appareil destiné à transmettre les dépêches ;

3° D'un *fil conducteur*, les fils télégraphiques en fer étamé, supportés par des poteaux dont ils sont isolés par des supports en porcelaine.

4° D'un *récepteur*, appareil destiné à enregistrer les dépêches.

2. Manipulateur. — 1. Ce manipulateur est très simple : Sur une tablette en bois se trouve fixée horizontalement une pièce en cuivre AB, mobile autour d'un pivot métallique C (fig. 394). A l'une de ses extrémités, cette pièce porte une pointe *p*, qu'un ressort *r* fait appuyer contre une petite borne métallique D ; vers l'autre extrémité se trouve une autre pointe A, maintenue par le ressort à quelques millimètres d'une autre borne I. Enfin, une poignée P termine le levier horizontal. La borne I reçoit le fil positif de la pile, la pièce centrale

C communique avec le fil de la ligne télégraphique;

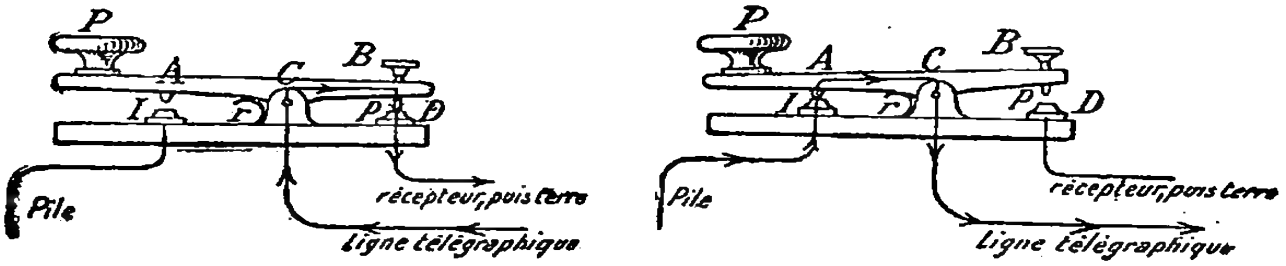


FIG. 394. — Manipulateur du télégraphe de Morse.

1re *Position.* Le levier du manipulateur PACB est maintenu horizontal par le ressort *r*. L'électricité de la pile ne peut franchir la borne I qui es isolée de tout contact. En revanche le couran de la ligne télégraphique peut passer par la borne de l'axe C, grâce à la pointe *p*, jusqu'à la borne D reliée au récepteur de ce poste et de là à la terre. Le poste est en état de recevoir une dépêche.

2e *Position.* L'opérateur appuie sur la poignée P et met en contact la pointe A avec la borne I. Le courant de la pile passe de I en A, de A en C, et rejoint par là la ligne télégraphique qui se termine au récepteur de l'autre poste. Le circuit est fermé pour lancer la dépêche.

D est relié par un fil conducteur à la sonnerie et au récepteur, puis à la terre.

3. Récepteur. — Le récepteur (fig. 395) se compose

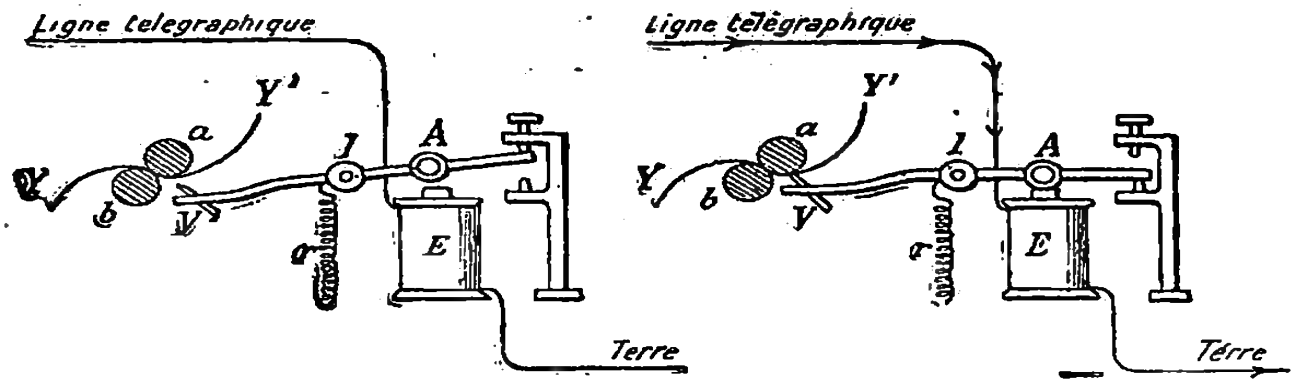


FIG. 395. — Récepteur du télégraphe Morse.

1re *Position.* Le levier du récepteur: V (poinçon); — I (pivot); — A (fer) est écarté de la bande de papier YY' par le ressort *r* tant que le courant ne passe pas.

2e *Position.* Dès que le courant arrive par la ligne télégraphique à la bobine E, le fer A du levier est attiré par l'électro-aimant et vainc la résistance du ressort *r*. Le levier tourne sur son pivot I et le poinçon V en se relevant prend contact avec la bande de papier YY, que déroulent les bobines *a* et *b* et qui enregistre au fur et à mesure le tracé du poinçon.

essentiellement d'un électro-aimant vertical E dont l'armure A traverse une pièce métallique AV, mobile autour d'un axe O, et terminée par un poinçon V

fixé obliquement. L'armure A est maintenue à quelques millimètres de la bobine, quand le courant ne passe pas, par un ressort *r* qui tire à lui le bras V du levier AV. En regard du poinçon V se déroule, d'un mouvement uniforme, une bande de papier YY qui passe entre deux rouleaux *ab*, dont l'un, *a*, est enduit d'encre grasse. Le fil de la bobine E est en communication avec le fil de la ligne L.

4. Fonctionnement. — 1. *Envoi de la dépêche.* — Si l'on veut faire passer le courant dans la ligne, il suffira d'appuyer sur la poignée P et de mettre en contact la pointe métallique de A avec la borne I (fig. 396); le courant de la pile suivra le trajet IACL, et n'en pourra pas suivre d'autre, puisque la pointe *p* a cessé tout contact avec la borne D. En outre, le courant cessera de passer dans la ligne, dès qu'on cessera d'appuyer sur la poignée P. On peut donc, avec le manipulateur, faire passer à volonté le courant dans la ligne ou l'interrompre, quand on le désire, et prolonger son passage ou le restreindre suivant les besoins.

2. *Réception de la dépêche.* — Dès que le courant

. —	*a*	— . —	*k*	. . —	*u*	. — — — —	0
— . . .	*b*	. — . .	*l*	. . . —	*v*	. . — — —	2
— . — .	*c*	— —	*m*	— . . —	*x*	. . . — —	3
— . .	*d*	— .	*n*	— . — —	*y*	. . . . —	4
.	*e*	— — —	*o*	— — . .	*z*	. . . .	5
. . — .	*f*	. — — .	*p*	. . — . .	*é*	—	6
— — .	*g*	— . — —	*q*	. — —	*w*	— — . . .	7
. . .	*h*	. — .	*r*	— — —	*ch*	— — — . .	8
. .	*i*	. . .	*s*			— — — — .	9
— — —	*j*	—	*t*			— — — — —	1

Fig. 396. — Alphabet Morse.

arrive dans la bobine du récepteur, l'électro-aimant devient aimant, attire son armure A et redresse, par conséquent, la pointe V qui vient frapper contre la

bande de papier ; celle-ci, appuyée contre le tampon imprégné d'encre, y reçoit une trace d'autant plus longue que le passage du courant a été plus prolongé (car nous n'oublions pas que le papier se déroule constamment). Si le courant de la pile est lancé, puis interrompu subitement, la trace sera un point ; si, au contraire, la durée du passage du courant est un peu prolongée, la trace sera un trait. Et la combinaison des points et des traits a suffi pour établir un alphabet conventionnel, dont nous donnons ci-dessous une reproduction. Exemple : Le mot Patrie s'écrit ainsi dans l'alphabet télégraphique Morse :

. — — . . — — . — . . . .
P a t r i e

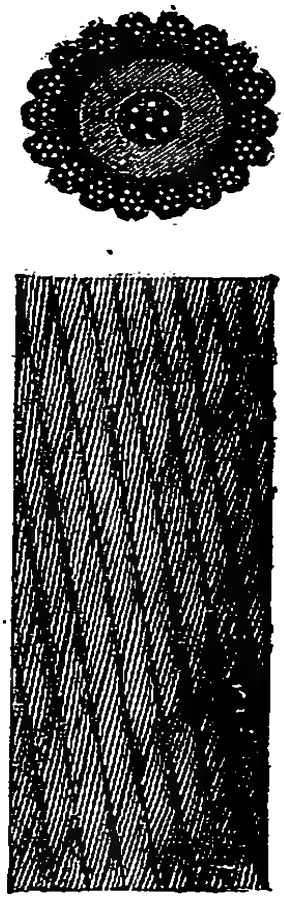


Fig. 397. — Câble sous-marin. 1, coupe transversale ; — 2, vue extérieure du câble.

3. Une modification très compliquée du télégraphe Morse permet d'exprimer sur la bande de papier du système précédent, non plus les signes conventionnels, mais les lettres elles-mêmes de l'alphabet, ce qui rend ainsi la lecture du télégramme plus facile.

Chaque poste télégraphique comprend un *manipulateur*, une *sonnerie* et un *récepteur*. Au repos le levier du manipulateur appuie sur la borne D. Le courant arrivant par la ligne va à la sonnerie qui avertit, puis au récepteur qui enregistre la dépêche.

5. Télégraphie sous-marine. — Depuis longtemps déjà, on transmet des dépêches télégraphiques à travers l'Océan, au moyen de câbles sous-marins, et cela, malgré la difficulté d'obtenir des câbles assez longs, assez solides et assez conducteurs, et malgré les actions électriques secondaires qui se produisent dans ces conducteurs.

Un câble sous-marin est formé d'un faisceau central de fils de cuivre, entouré de gutta-percha qui l'isole complètement. Tout autour de cette enveloppe isolante se trouvent une série de fils de fer entourés de chanvre qui assurent la solidité du câble.

TÉLÉGRAPHIE SANS FIL

6. — Lorsqu'on laisse tomber un corps quelconque, un petit caillou, par exemple, dans de l'eau dont la surface est calme, il se forme tout autour du point de

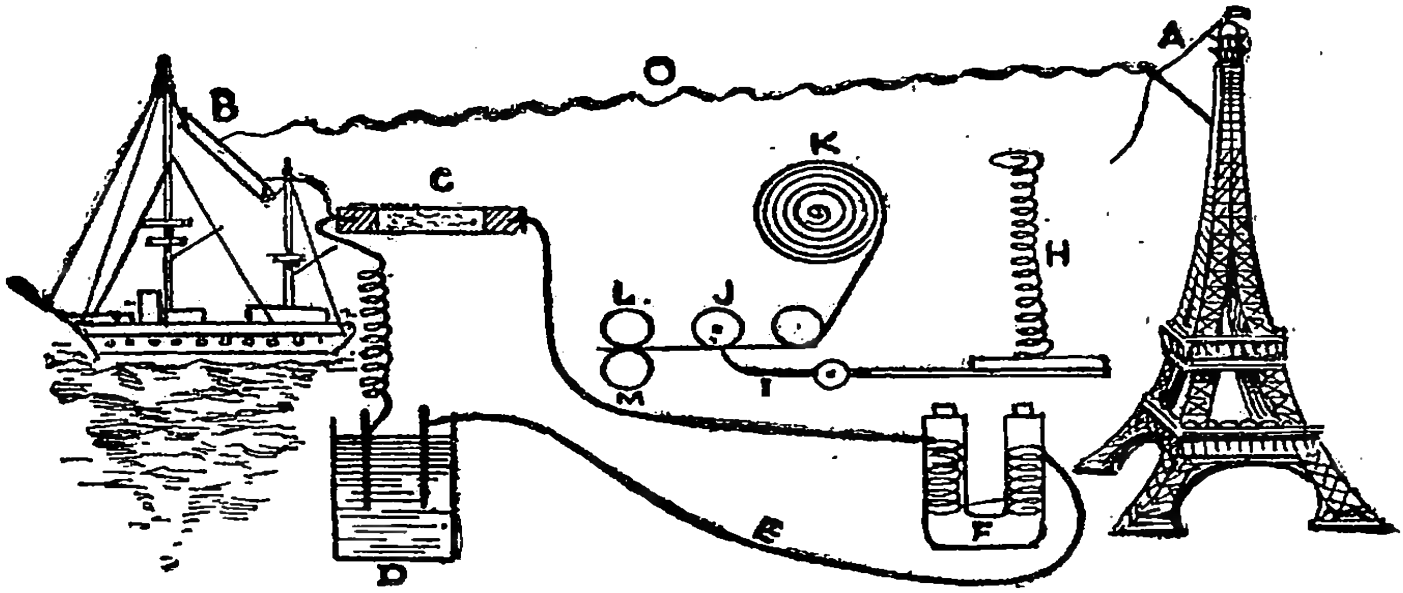


Fig. 398. — Télégraphie sans fil. Schéma d'un poste transmetteur et d'un poste récepteur. — A, poste transmetteur de la tour Eiffel; — B, poste récepteur fixé dans les mâts d'un navire; — C, tube de Branly; — D, pile; — E, circuit; — F, électro-aimant; — G, barre de fer doux; — H, ressort; — I, pointe traçante; — J, molette enduite d'encre; — K, rouleau de papier; — L, M, molettes faisant avancer la bande de papier; — O, ondes hertziennes.

contact des ondulations concentriques qui diminuent d'intensité en s'éloignant.

Il est facile de conclure que plus le caillou est gros, plus fortes sont les ondulations et plus loin elles portent.

Les ondes électriques se propagent ainsi autour du point où elles ont pris naissance, mais avec une rapidité autrement grande, puisqu'elles peuvent parcourir

la distance fantastique de 250.000 kilomètres par seconde.

Pour émettre des ondes électriques, on se sert d'antennes dont la longueur varie avec la distance à parcourir. Ces antennes sont reliées par un fil à une source d'électricité qui leur fait produire des vibrations au moyen d'un électro-aimant. Chaque vibration donne naissance à une ondulation qui se transmet à travers l'espace avec une rapidité vertigineuse et va impressionner l'antenne d'un poste récepteur. Mais toutes les vibrations étant de même durée donnent lieu à des ondulations égales et par suite à des impressions égales.

Ces résultats obtenus étaient déjà magnifiques, mais ils ne sortaient pas du domaine des laboratoires des savants. Un physicien français, du nom de Branly, a inventé un tube, qui porte son nom, et qui a permis d'utiliser pratiquement la transmission des ondes électriques et de créer la télégraphie sans fil.

Le tube de Branly n'est autre chose qu'un tube en verre, fermé aux deux extrémités par des rondelles de métal, permettant l'arrivée d'un courant électrique et rempli au milieu de limaille métallique.

A l'état de repos la limaille métallique ne conduit pas l'électricité; sous l'influence d'une onde hertzienne elle devient bonne conductrice; le courant passe et actionne un récepteur. Un choc ramène la limaille à son état primitif. Une nouvelle onde peut rétablir le courant, et ainsi de suite. Des ondes plus ou moins éloignées ou plus ou moins précipitées font inscrire sur l'enregistreur des traits plus ou moins distants les uns des autres, et permettent ainsi d'établir un alphabet conventionnel.

Un appareil, récemment inventé, remplace le tube de Branly; c'est une sorte de voltamètre à travers lequel peut passer un courant local. Un liquide intercepte le courant: une onde passe et rend le liquide bon conducteur pendant toute la durée de l'onde. L'onde disparaît; le courant est interrompu. A l'aide d'un manipu-

teur Morse, on envoie des ondes de durées différentes; le récepteur les exprime au moyen de traits de longueur également différente; un alphabet conventionnel de traits permet ainsi les communications.

Nous avons dit en commençant qu'un gros caillou jeté dans l'eau tranquille produit des ondulations plus fortes qu'un caillou plus petit. De même plus l'antenne est longue, plus les vibrations — et par suite les ondes électriques — sont puissantes. La longueur de l'antenne est donc proportionnée à la distance à parcourir.

Une antenne placée au haut de la tour Eiffel (300 m.) a permis d'établir une communication entre Paris et Casablanca (Maroc), soit entre deux points distants de 2.000 kilomètres.

Le 26 février 1909, le poste de la tour Eiffel a pu correspondre avec celui de Glace-Bay (Canada) à 5.000 kilomètres. On espère arriver bientôt à relier Paris à Saïgon (11.000 km.).

La télégraphie sans fil permet aux navires en mer de communiquer entre eux ou avec la côte.

RÉSUMÉ

1. **Télégraphie.** — Un **télégraphe électrique de Morse** comprend un *manipulateur*, un *fil de ligne*, un *récepteur*, une *pile*.

2. **Manipulateur.** — Le *manipulateur* permet de lancer le courant dans la ligne, à volonté.

3. **Fonctionnement.** — Envoi de la dépêche et réception de la dépêche.

4. **Récepteur.** — Le *récepteur* marque des traits ou des points sur une bande de papier, suivant le temps pendant lequel le courant a passé dans la ligne.

Avec ces points et ces traits on constitue un *alphabet conventionnel*.

5. **Télégraphie sous-marine.** — Pour la télégraphie sous-marine, c'est un *câble sous-marin* qui renferme le fil de ligne.

6. **Télégraphie sans fil.** — Les vibrations électriques se propagent invisiblement dans l'air comme se propagent les ondulations de la surface d'une eau tranquille, quand dans cette eau on a laissé tomber un objet.

Grâce à des appareils très sensibles et à un tube dit de Branly, on est parvenu à recueillir et à enregistrer les ondes électriques sans le secours d'aucun fil.

Au moyen de cette télégraphie sans fil, on est arrivé à correspondre à une distance de 5.000 kilomètres.

Questionnaire.

1. De quoi se compose le télégraphe Morse ? — **2-1.** De quoi se compose le manipulateur? — Décrivez-le. — **2.** Comment fait-on passer le courant dans la ligne ? — **3.** De quoi se compose le récepteur ? — **4.** Comment fonctionne-t-il ? — Quel perfectionnement a-t-on apporté au télégraphe Morse? — **5.** Que savez-vous de la élégraphie sous-marine ? — **6.** Que se produit-il quand on laisse tomber un caillou dans une eau tranquille ? — Comment se propagent les vibrations électriques ? — Que savez-vous du tube de Branly ? — Quels signes emploie-t-on pour envoyer et recevoir des communications ? — A quelle distance a-t-on pu correspondre? — Comment a-t-on pu utiliser encore la télégraphie sans fil ?

Rédaction : Écrire à un ami pour lui donner la description d'un appareil complet de télégraphie sans fil et lui en expliquer le fonctionnement.

CHAPITRE XVIII

INDUCTION

1. Induction par un courant. — Prenons deux bobines de fil de cuivre recouvert de soie, l'une pouvant s'introduire dans l'autre. Si nous faisons passer un courant dans la bobine intérieure, appelée bobine *inductrice*, nous développons aussitôt un courant dans le fil de la bobine extérieure, ou bobine *induite* : ce courant, *inverse* du courant inducteur, ne dure qu'un instant ; si on rompt le courant inducteur, il se produit dans l'induit un nouveau courant temporaire qui est direct, c'est-à-dire de même sens que le courant inducteur.

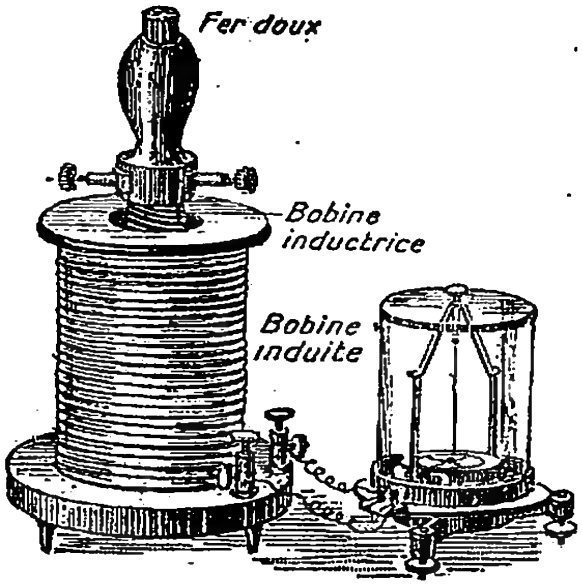


FIG. 399. — Induction par un courant.

Les mêmes phénomènes se produisent si, au lieu d'admettre l'inducteur à l'intérieur de l'induit, on le tient à la main et si, alors qu'il est traversé par un courant, on l'introduit ou on le retire de l'induit. Quand on l'introduit, on fait naître dans l'induit un courant *inverse;* on développe au contraire un courant *direct* quand on le retire.

2. Induction par un aimant. — Si on introduit dans la bobine induite un *barreau aimanté* au lieu d'une bobine inductrice, il y a de même production d'un courant induit : *inverse* quand on introduit le barreau aimanté, *direct* quand on le retire.

On peut concevoir une bobine contenant intérieurement un barreau de fer doux. Chaque fois qu'on

approche de cette bobine un barreau aimanté, le fer doux est aimanté lui-même et il y a production dans

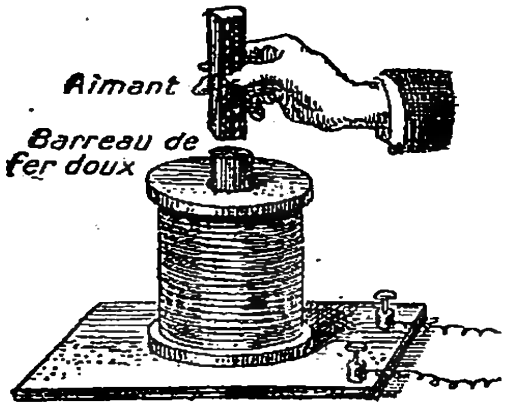


FIG. 400. — Il se produit un courant quand on approche l'aimant du barreau de fer doux.

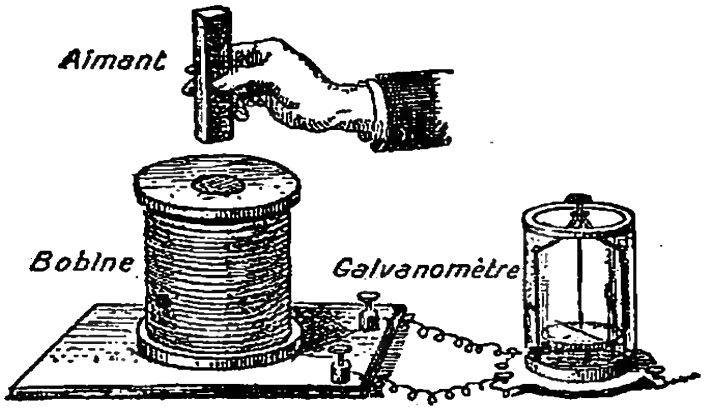


FIG. 401. — Courant produit par un aimant.

l'induit d'un courant *inverse*. Si on éloigne le barreau aimanté, le fer doux cesse d'être aimanté et il y a production dans l'induit d'un courant *direct*.

3. Courants alternatifs ; courants continus. — On peut admettre que, par un mouvement régulier, on produise alternativement dans un induit des courants égaux et de sens contraire : on dit que ces courants sont alternatifs.

Mais on peut imaginer un procédé mécanique, un *commutateur* capable de ramener tous ces courants à être de même sens. On a alors un courant à peu près constant, un courant *continu*.

4. Machines électro-magnétiques. — Les machines électro-magnétiques sont des applications des courants induits. Si l'inducteur est un électro-aimant, c'est un dynamo-électrique ; c'est un magnéto-électrique, si l'inducteur est un aimant.

5. Machine de Gramme. — La machine de Gramme peut être présentée comme le type des machines magnéto-électriques.

L'*inducteur* est un aimant en forme de fer à cheval, placé verticalement.

L'*induit* est composé d'un fil induit entourant un anneau de fer doux ou un anneau formé d'un fil de

fer doux, recouvert d'un vernis isolant et enroulé sur lui-même un grand nombre de fois de manière à constituer un faisceau annulaire : c'est l'*anneau de Gramme.*

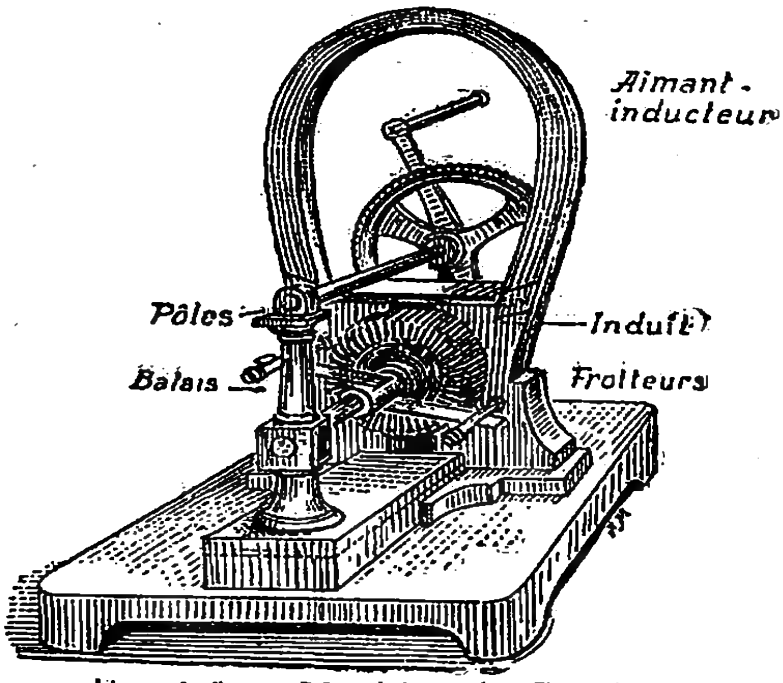


FIG. 403. — Machine de Gramme (magnéto-électrique).

Le fil induit est partagé en sections ou bobines distinctes placées les unes à côté des autres et réunies deux à deux au moyen d'une lame de cuivre, le bout finissant de l'une étant soudé sur cette lame au bout commençant de l'autre. Il y a autant de lames de cuivre que de bobines. L'ensemble

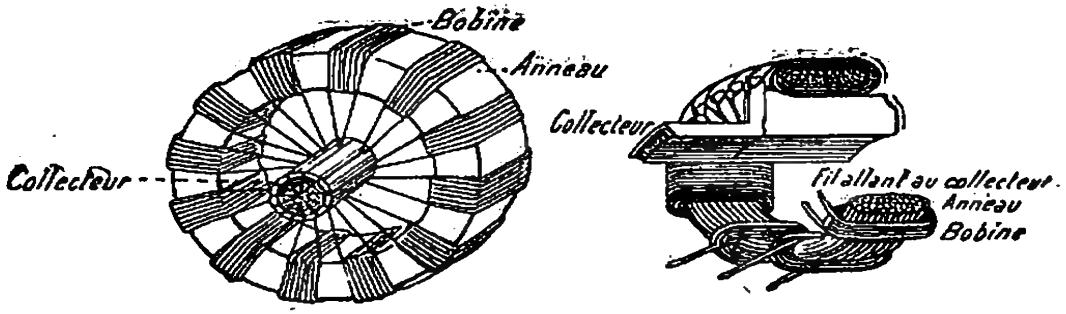


FIG. 403. — Anneau de Gramme.

de ces lames disposées autour de l'arbre de rotation sont isolées les unes des autres par des feuilles de mica : c'est le *collecteur.* Deux frotteurs ou balais, l'un au-dessous, l'autre au-dessus du collecteur sont reliés à deux bobines qui sont les *pôles* de la machine.

Lorsqu'on tourne l'anneau, on approche et on éloigne alternativement chacune des bobines des pôles de l'aimant. Il se produit dans chacune d'elles des courants induits, qui s'ajoutent et produisent un courant égal à leur somme. Ce courant est recueilli par les balais qui le portent aux pôles de la machine.

6. Machine dynamo-électrique de Gramme. — Dans cette machine, l'*inducteur* est un électro-aimant dont la partie centrale est une pièce d'acier en forme d'U qui contient, en permanence, un peu de magnétisme résultant d'une forte influence électrique à laquelle il a été soumis tout d'abord.

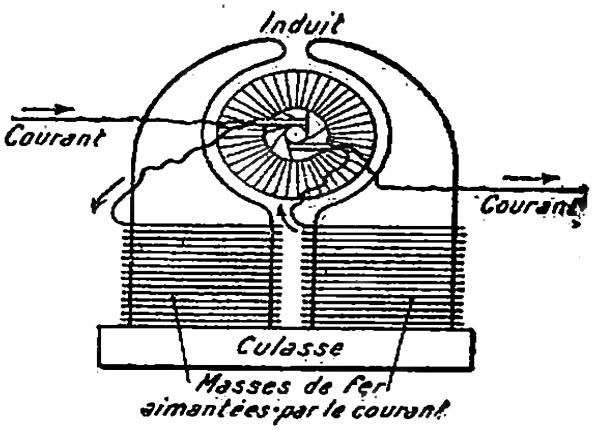


FIG. 404. — Dynamo de Gramme (disposition schématique de l'électro-aimant).

L'INDUIT est un anneau de Gramme modifié; il est fait de couronnes minces de tôle empilées et séparées par du papier de soie; il se meut dans l'échancrure de la pièce d'acier.

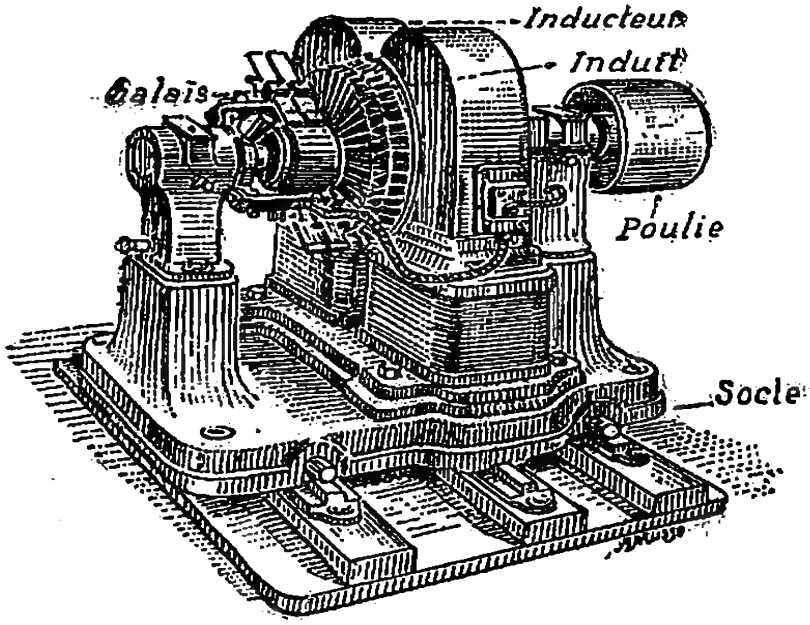


FIG. 405. — Dynamo de Gramme (vue d'ensemble).

Lorsque l'induit tourne, il se développe chez lui un courant qui se communique aux balais de l'électro-aimant et ajoute à la puissance de celui-ci. L'électro-aimant agit donc de plus en plus sur l'induit et détermine dans la machine un courant de plus en plus intense.

7. Transmission de la force. — Dans la dynamo, le *travail mécanique* produit pour faire tourner l'induit se transforme en *énergie électrique* recueillie dans le courant.

Si, au contraire, on met en communication les deux piles de la machine avec une source d'électricité extérieure, l'induit se met aussitôt en mouvement.

Elle est dite *génératrice* dans le premier cas, et *réceptrice* dans le second cas.

Une dynamo peut donc, suivant les besoins, transformer du *travail mécanique* en *énergie électrique*, ou de l'*électricité* en *travail mécanique*. On dit que la dynamo est *réversible*.

Cette propriété a son application dans le *transport électrique* des forces : soient en effet deux points éloignés; on veut d'un des points transmettre une force à l'autre point. On installe une dynamo au premier point; cette dynamo génératrice mise en mouvement par une force motrice quelconque produit de l'électricité qui, transmise par des fils à l'autre point, actionnera une autre dynamo réceptrice qui produira la force dont on a besoin.

Les *tramways électriques* sont aussi une des précieuses applications de ce principe. Une machine électromagnétique produit un courant d'une grande intensité; ce courant, au moyen de fils aériens ou souterrains, et de frotteurs mettant en communication le tramway et les fils, passe dans une dynamo installée à l'intérieur du tramway; la dynamo est mise en mouvement et communique son mouvement aux roues.

RÉSUMÉ

1. Induction par un courant. — Si on introduit une bobine à l'intérieur d'une plus grande et que l'on fasse passer un courant dans la petite bobine, il se développe dans la grande un courant temporaire *inverse;* ce courant devient *direct* dès que l'on rompt le courant.

Les mêmes phénomènes se produisent quand on introduit ou qu'on retire de l'intérieur de la grande bobine une petite bobine dans laquelle passe un courant.

2. Induction par un aimant. — Si on remplace, dans l'expérience précédente, la petite bobine, dite *bobine d'induction*, par un barreau aimanté, les mêmes phénomènes se produiront encore dans l'autre bobine dite *bobine induite*.

3. Courants alternatifs et courants continus. — On peut ainsi produire dans une *bobine induite* des courants alter-

natifs, égaux et de sens contraires. On peut, d'autre part, concevoir un commutateur capable de ramener tous ces courants à être de même sens, à produire un courant continu.

4. Machines électro-magnétiques. — Si l'inducteur est un électro-aimant, c'est une *dynamo ;* c'est une *magnéto*, lorsque l'inducteur est un aimant.

5. Machine de Gramme. — C'est le type des machines magnéto-magnétiques. L'inducteur est un aimant entre les pôles duquel tourne un induit, l'*anneau de Gramme*. Les bobines s'approchent et s'éloignent des pôles de l'aimant; il se développe en elles des courants qui s'ajoutent et sont recueillis par des balais frotteurs et transmis dans un circuit.

6. Machine dynamo-électrique de Gramme. — Dans cette machine, l'aimant inducteur est remplacé par un électro-aimant légèrement magnétisé et dont les bobines reçoivent un courant de l'induit lui-même.

7. Transmission de la force. — Si une machine électro-magnétique au lieu de fournir un courant le reçoit, l'induit est mis en mouvement, produisant une force qu'il est possible d'utiliser, soit pour le transport d'une force à distance, soit pour la marche d'un tramway électrique.

Questionnaire.

1. Qu'appelle-t-on bobine inductrice ? bobine induite? — **2**. Quand l'inductrice développe-t-elle en l'induit un courant inverse? un courant direct? — **3**. Quels phénomènes produit un barreau aimanté quand on l'introduit dans une bobine induite ? quand on l'en retire ? — **4**. Peut-on remplacer le barreau aimanté par un barreau de fer doux ? — **5**. Comment détermine-t-on les courants alternatifs ? — **6**. Comment peut-on transformer tous ces courants, en un courant continu ? — **7**. Qu'est-ce qu'une dynamo ? une magnéto ? — **8**. Dans la machine de Gramme, quel est l'inducteur ? quel est l'induit ? — **9** Avec quoi l'induit communique-t-il ? — **10**. Que se produit-il quand on tourne l'induit ? — **11**. Comment est l'inducteur dans la machine dynamo-électrique de Gramme ? — **12**. Que se produit-il quand l'induit tourne ? — **13**. Dans une dynamo, par quoi est produite l'énergie électrique ? — **14**. Qu'arrive-t-il si on laisse un courant extérieur dans la machine ? — **15**. Pourquoi dit-on qu'une machine électro-magnétique est réversible ? — **16** Quelles sont les applications industrielles de cette propriété de réversibilité ?

Rédaction : Expliquez comment vous comprenez l'origine de la force qui met en marche un tramway électrique.

CHAPITRE XIX

LUMIÈRE

1. Lumière. — 1. La lumière est l'agent qui nous rend les objets visibles, à la condition que les rayons lumineux qu'ils émettent soient perçus par l'œil, organe de la vue.

2. Les corps sont *lumineux par eux-mêmes*, lorsqu'ils émettent leur propre lumière : comme le soleil, les étoiles, le charbon incandescent, le radium ; ou bien ils deviennent visibles parce qu'*ils renvoient la lumière qu'ils ont reçue :* la lune, les planètes, le livre que nous lisons, etc.

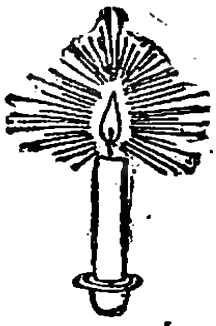


Fig. 406. — Émission de la lumière dans toutes les directions.

3. Un point lumineux émet sa lumière dans *toutes les directions* (fig. 406), et chaque *rayon* de cette lumière pris isolément *se propage constamment en ligne droite* (s'il se prolonge dans un milieu rigoureusement de même nature). C'est ce qu'on remarque lorsqu'un rayon solaire pénètre à travers un trou de volet dans une chambre obscure : toutes les poussières qui se trouvent sur son trajet sont éclairées et produisent une trace lumineuse parfaitement droite (fig. 407).

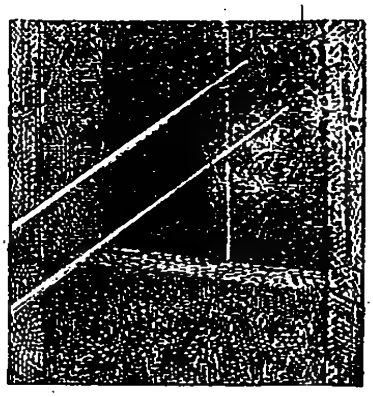


Fig. 407. — Propagation d'un rayon en ligne droite.

4. La lumière se propage avec une vitesse prodigieuse : elle parcourt, en effet, environ 80.000 lieues par seconde et met 8 minutes à nous venir du soleil.

2. Ombre. — Lorsqu'un corps opaque est placé près d'un corps lumineux, il arrête tous

les rayons qui tombent sur lui. Il y a donc derrière ce corps un espace qui ne reçoit aucune lumière et qu'on nomme *ombre* portée par le corps.

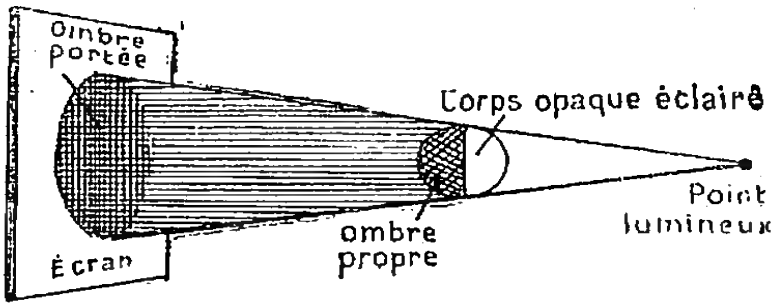


FIG. 408.—Ombre produite par un point lumineux.

Si la source lumineuse est un point, l'ombre portée est nette; on va directement de l'*ombre* à la lumière; si la source est un corps, le passage de l'ombre à la lumière ne se fait pas brusquement; autour de l'ombre il y a une région qui n'est éclairée que par une partie de la source, c'est la *pénombre*.

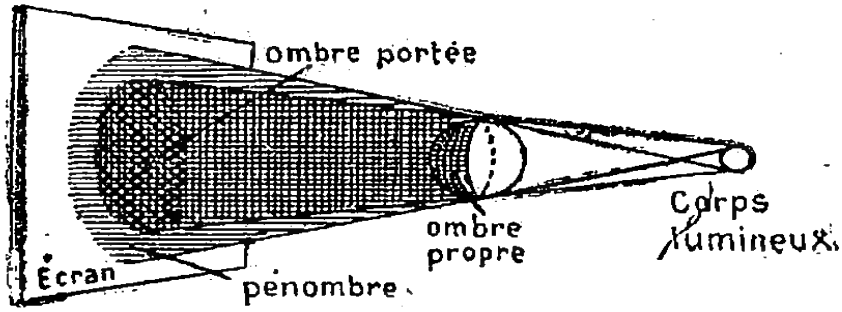


FIG. 409.—Ombres produites par un corps lumineux.

3. Chambre noire. — 1. Si nous prenons une boîte faite en carton épais, dont une des faces est formée par un verre dépoli ou du papier à décalquer, et que nous perçions un petit trou dans la face opposée, nous aurons une *chambre noire*. Si nous portons cette chambre noire dans une pièce obscure, et que devant le petit trou de cette caisse nous placions une bougie, nous voyons se reproduire sur le verre dépoli de la face opposée une image de la bougie renversée.

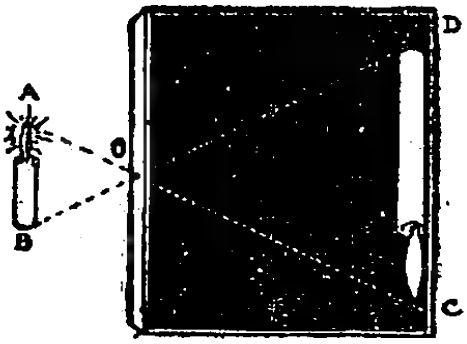


FIG. 410.— Formation de l'image dans la chambre noire : l'objet est renversé.

2. Voici, en effet, ce qui s'est passé : parmi les nombreux rayons lumineux partis de A (fig. 410), les seuls qui ont pu entrer dans la boîte

sont ceux qui se dirigeaient de haut en bas pour passer par le trou, les autres ont été arrêtés par les parois de la boîte. Le verre dépoli les a arrêtés en C, plus bas que l'ouverture O par rapport à A. De même pour B, dont les rayons lumineux venant de bas en haut ont été arrêtés en D, plus haut que O par rapport à B; donc en DC une image de AB renversée. On voit que l'image dans cette chambre, est d'autant plus grande que l'écran est plus éloigné de l'ouverture ; mais, plus l'image, est grande, moins elle est nette, parce qu'elle n'a pour l'éclairer que la lumière émise par AB, d'autant plus faible qu'elle éclaire une surface plus grande.

3. C'est cette *chambre noire*, un peu modifiée, qu'utilisent le photographe et le dessinateur.

4. **L'œil.** — L'œil est encore une chambre noire dont le trou est la *pupille* et dont l'écran est la *rétine* (fig. 412).

5. **Réflexion de la lumière. Miroirs.** — 1. Si dans la chambre obscure (fig. 411), nous venons à placer sur le trajet d'un rayon lumineux AB un miroir, ce rayon lumineux ne continue pas sa marche en ligne droite, arrêté qu'il est par le miroir opaque, il se brisera en B pour suivre une direction BC située dans le même plan que AB, telle que si l'on élève en B une perpendiculaire BN au miroir, on ait l'angle ABN égal à l'angle NBC. Le rayon AB qui arrive est dit le rayon *incident*, et l'angle ABN s'appelle l'*angle d'incidence;* le rayon BC renvoyé est dit *réfléchi* et l'angle NBC s'appelle l'*angle de réflexion*; et la loi de la réflexion s'énonce : *Dans toute réflexion, l'angle de réflexion est égal à l'angle d'incidence.*

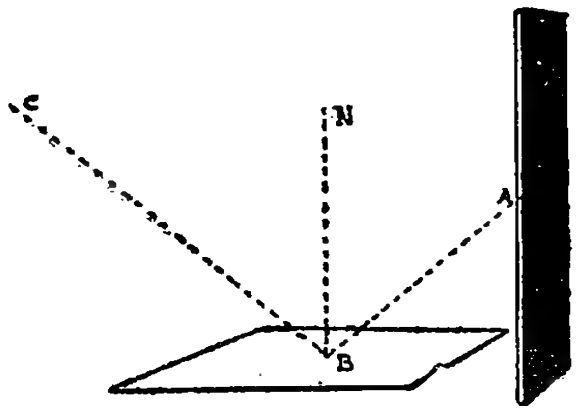


FIG. 411. — Réflexion sur un miroir plan.

2. Cette loi de la réflexion est applicable non seulement aux rayons lumineux, mais aux vibrations so-

nores, aux renvois des solides ou des liquides venant heurter un obstacle qui ne cède pas, telle la bille sur le billard, les vagues contre la digue.

6. Images dans les miroirs. — 1. Si nous plaçons un objet, une flèche, par exemple, devant un miroir (fig. 412), la flèche émet une infinité de rayons qui viennent frapper le miroir, produisant une infinité de rayons réfléchis. Si l'œil se trouve dans ce faisceau de rayons réfléchis, il croit que ces rayons lui viennent d'un point situé sur leur prolongement, placé de l'autre côté du miroir, à la même distance que la flèche se trouvait en avant. Cette illusion produite dans l'œil par l'arrivée des rayons réfléchis s'appelle l'*image* de l'objet.

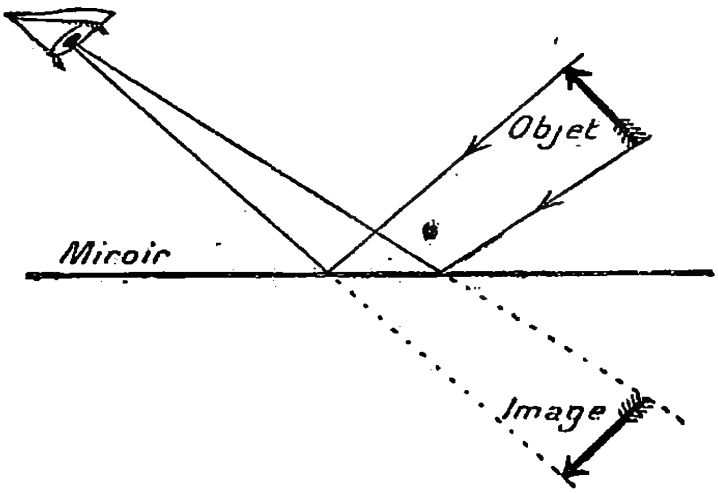


Fig. 412.
Fonction de l'image dans un miroir.

2. Il n'y a pas que les miroirs qui soient capables de

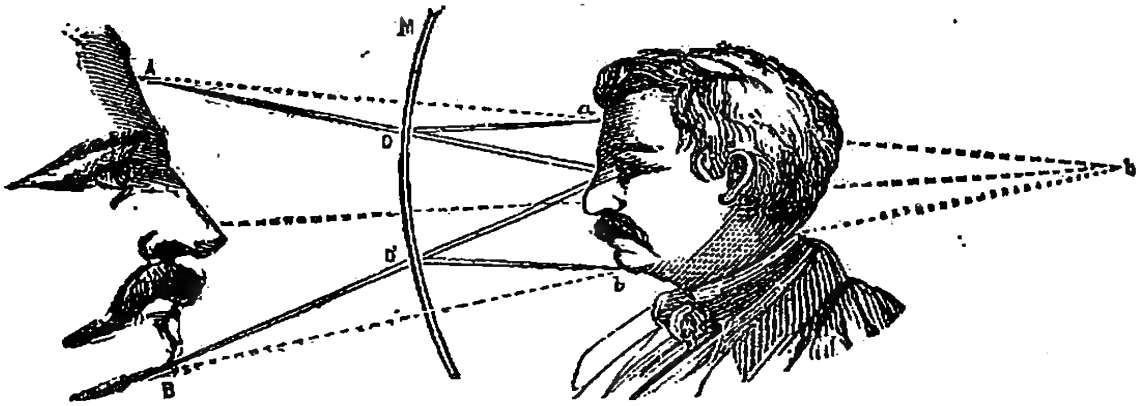


Fig. 413. — Miroir concave.

donner des images; l'eau calme des lacs et des rivières nous en montre, lorsqu'elle réfléchit les arbres et les maisons placés sur ses rives.

Dans ce cas, comme dans celui de la flèche, l'œil qui a pu recevoir à la fois des rayons partis directement

des objets et des rayons réfléchis voit deux fois le même objet, une fois en réalité, une fois en image.

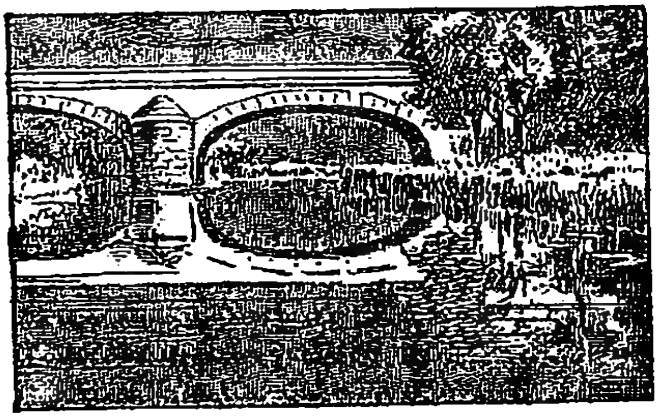


FIG. 414. — Réflexion dans l'eau tranquille.

3. Lorsque les miroirs, au lieu d'être *plans*, sont *courbes*, les images subissent des déformations. Ainsi des objets placés tout près de miroirs *concaves* (fig. 413), forment des images *plus grosses* que les objets ; placés devant des miroirs *convexes*, les images sont, au contraire, *plus petites*.

Les *miroirs concaves* sont employés, sous le nom de

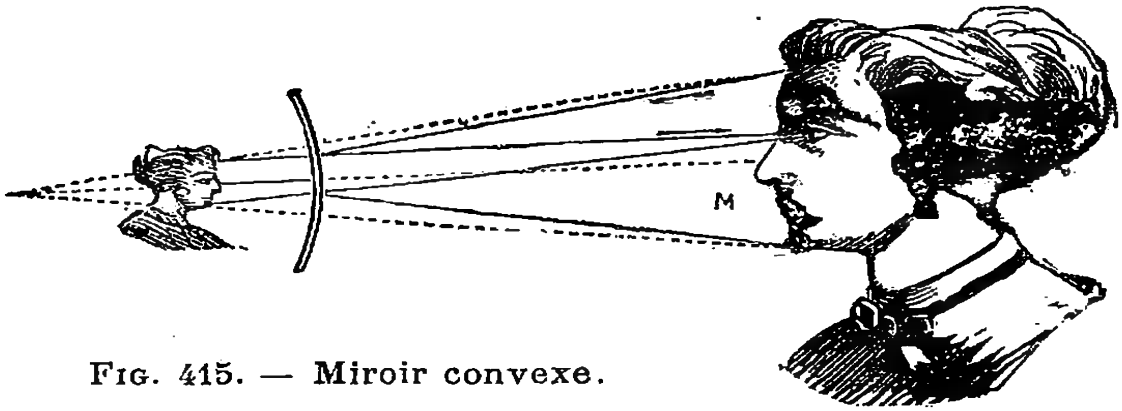


FIG. 415. — Miroir convexe.

réflecteurs, pour projeter de la lumière à de grandes distances, ou pour éclairer fortement un objet rapproché, comme dans la lanterne magique.

RÉFRACTION DE LA LUMIÈRE

7. Réfraction de la lumière. — 1. Ce n'est pas seulement lorsque la lumière rencontre une surface opaque qu'elle ne continue pas sa marche en ligne droite; mais lorsqu'elle change de milieu, elle change aussi de direction.

Si, par exemple, un rayon de lumière RI vient à être

dirigé sur une nappe d'eau (fig. 416), il se brisera en pénétrant dans l'eau et suivra une direction IS telle qu'il se rapprochera de la perpendiculaire IN élevée dans le nouveau milieu : on dit que le rayon s'est réfracté.

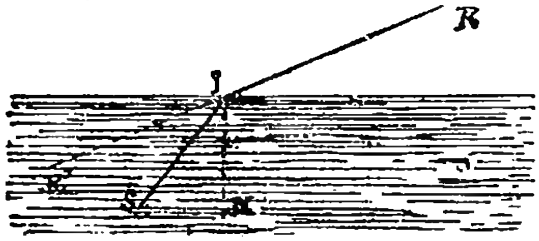


Fig. 416. — Réfraction.

Inversement, si le rayon incident était SI, le rayon réfracté serait IR ; de telle sorte que si l'œil recevait le rayon IR il croirait que le point lumineux qui le lui envoie se trouve quelque part sur son prolongement IR' et serait trompé.

2. A cette déviation du rayon on a donné le nom de *réfraction*.

3. Cette déviation que subissent les rayons lumineux en changeant de milieu est cause de nombreuses illusions; par exemple le *relèvement apparent du fond d'un vase*.

Pour faire cette expérience, on place une pièce de monnaie M au fond d'une cuvette (fig. 417) vide, puis on se recule peu à peu jusqu'à ce que les bords opaques de la cuvette ne permettent plus d'apercevoir que la plus petite partie de la pièce. Si l'on vient à verser de l'eau dans la cuvette, sans déplacer la pièce, celle-ci pourra redevenir complètement visible, comme si le fond s'était élevé.

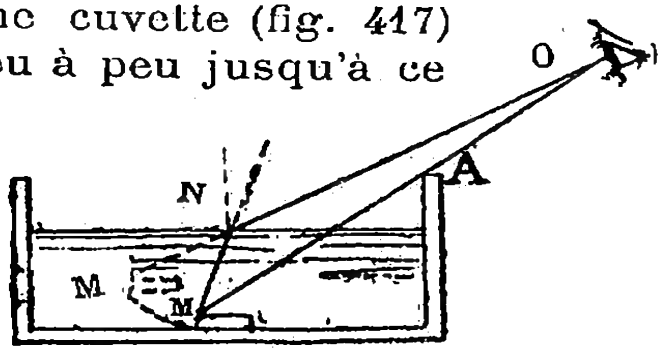


Fig. 417. — Effet de la réfraction.

Voici ce qui s'est produit : une fois la cuvette pleine d'eau, un rayon lumineux MN, par exemple, parti d'un point M de la pièce, arrivé en N se dévie, en s'éloignant de la perpendiculaire élevée dans le nouveau milieu, suivant NO. Si l'œil le rencontre, il croit qu'il lui vient d'un point de son prolongement, M' par exemple, placé plus haut que M. Il en est de même de tous les points du fond du vase.

4. C'est la réfraction qui est encore cause de la

rupture apparente d'un bâton plongé dans l'eau. Ce n'est pas le bâton qui s'est rompu, mais les rayons lumineux émis par la partie plongée, lorsqu'ils sont passés de l'eau dans l'air avant de pénétrer dans notre œil.

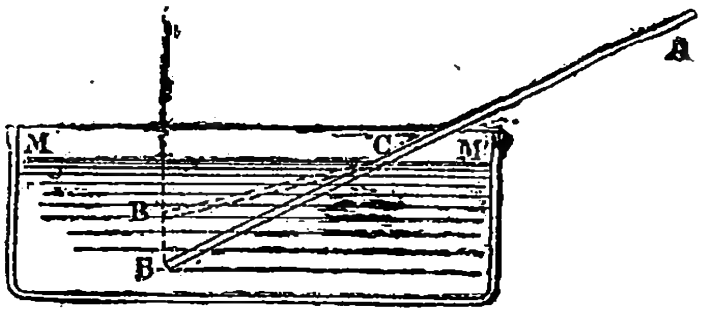


Fig. 418. — Bâton brisé.

5. C'est la réfraction qui nous fait voir plus gros et plus près de la surface les poissons qui sont dans l'eau. C'est elle qui fait que les objets vus à travers une plaque de verre épaisse paraissent déplacés. C'est elle qui cause les illusions connues sous le nom de *mirage*, qu'on remarque dans les plaines sablonneuses très chaudes, les déserts d'Afrique par exemple.

RÉSUMÉ

1. Lumière. — Les corps sont *lumineux par eux-mêmes* ou *lumineux par réflexion. La lumière se propage en ligne droite* et dans toutes les directions. Elle parcourt 80.000 lieues à la seconde.

Dans la chambre noire les images des objets extérieurs se forment *renversées.*

2. Ombre. — L'ombre est un espace qui, derrière un corps opaque, ne reçoit aucune lumière.

3. Chambre noire. — On donne ce nom à une pièce, une boîte fermée de tous côtés par des parois opaques et dans laquelle la lumière ne peut pénétrer que par un petit trou.

4. L'œil. — L'œil est une chambre noire dans laquelle la *rétine* sert d'écran.

5. Réflexion de la lumière. Miroirs. — Lorsqu'un rayon lumineux rencontre une surface opaque et polie, il se *réfléchit* de telle sorte que son *angle de réflexion est égal à son angle d'incidence.*

6. Images dans les miroirs. — Dans *un miroir plan*, l'image est égale à l'objet et placée à une distance égale à celle qui sépare l'objet du miroir, en avant.

Dans les miroirs courbes, les images sont déformées.

7. Réfraction de la lumière. — Un rayon lumineux qui

change de milieu, change de direction, il subit la réfraction.

Cette réfraction cause de nombreuses *illusions d'optique : relèvement apparent du fond d'un vase, rupture apparente d'un bâton plongé dans l'eau*, etc.

EXPÉRIENCES A FAIRE

1. Constater que le rayon du soleil qui passe à travers un trou de volet va en ligne droite.
2. Placer un corps opaque devant une bougie et observer l'ombre formée.
3. Faire une chambre noire avec une boîte dont une des faces soit formée d'un papier huilé et la face opposée percée d'un petit trou. Une bougie placée devant le trou forme son image renversée sur le papier huilé.
4. Observez l'image d'un camarade dans une glace et rendez-vous compte de sa position par rapport à votre camarade. Remarquez comment elle impressionne votre œil.
5. Plongez obliquement un bâton dans l'eau, il vous paraît brisé.
6. Répétez l'expérience du n° 7, § 3, avec la pièce placée au fond d'un vase.

Questionnaire.

1. De quelles façons les corps peuvent-ils être lumineux ? — Comment se propage la lumière ? — Quelle est sa vitesse ? — **2.** Comment se forme l'ombre ? — **3-1.** Qu'est-ce que la chambre noire ? — 2. Comment les images se forment-elles dans la chambre noire ? — 3. A quoi sert la chambre noire ? — **4.** En quoi l'œil ressemble-t-il à une chambre noire ? — **5-1.** Que devient un rayon lumineux rencontrant une surface polie ? — Qu'appelle-t-on angle d'incidence ? — angle de réflexion ? — Énoncez la loi de la réflexion. — 2. Cette loi ne s'applique-t-elle qu'aux rayons lumineux ? — **6-1.** Comment les images se forment-elles dans les miroirs ? — 2. Ne peuvent-elles se former ailleurs ? — 3. Que sont les images dans les miroirs concaves ? — dans les miroirs convexes ? — **7-1.** Que devient un rayon lumineux rencontrant une surface opaque ? — 2 Qu'appelle-t-on réfraction ? — 3. Expliquez comment, en vertu de la réfraction, le fond d'un vase semble se relever. — 4. Quel aspect présente un bâton plongé dans l'eau ? — 5. Citez d'autres exemples d'illusions dues à la réfraction.

Rédaction : 1° Faire l'histoire d'un rayon lumineux qui se propage dans l'espace : sa vitesse, sa direction, il frappe un miroir, puis traverse une épaise feuille de verre. — 2° Montrer comment un poisson vu sous une épaisse couche d'eau n'est pas vu à l'endroit même qu'il occupe.

CHAPITRE XX

LENTILLES — PRISME — DISQUE

1. Lentilles. — Les lentilles employées en physique sont des masses de verre transparentes; elles sont de deux genres : *convexes* lorsqu'elles sont plus grosses au centre qu'aux bords, *concaves* lorsqu'elles sont plus minces au centre qu'aux bords; et les phénomènes qu'elles produisent ont encore pour cause la réfraction.

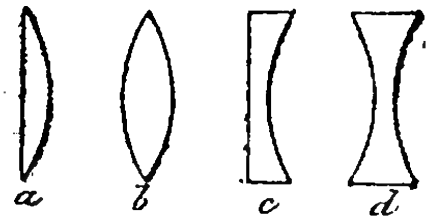


FIG. 419. — Diverses formes de lentilles. *a*, convexe; — *b*, biconvexe; — *c*, concave; — *d*, biconcave.

2. Lentilles convexes. Loupe. Microscope. — 1. Dans les lentilles convexes (fig. 419) les rayons lumineux *convergent* vers un même point, appelé *foyer*, après qu'ils ont traversé les lentilles. Nous le constatons en présentant au soleil une de ces lentilles et en plaçant de l'autre côté une feuille de papier, à distance suffisante pour qu'on y aperçoive un seul petit point très lumineux. Si nous opérons en été, le papier peut prendre feu, parce qu'en ce seul point se sont réunis tous les rayons réfractés lumineux et calo-

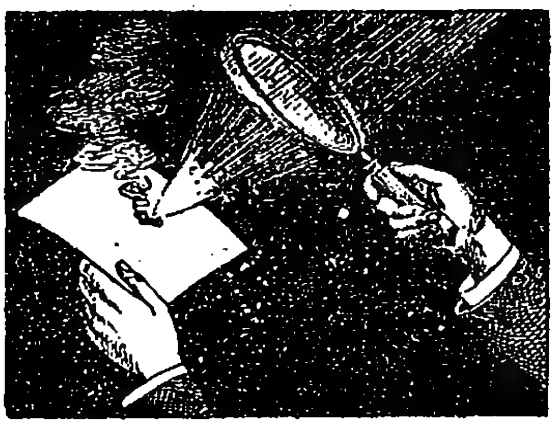


FIG. 420. — Les rayons se réunissent en un même point. Le papier s'enflamme lorsqu'il est placé au foyer de la lentille éclairée par le soleil.

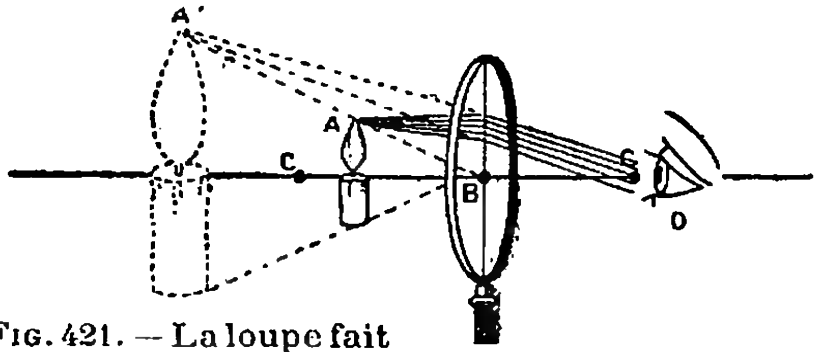


FIG. 421. — La loupe fait voir plus gros les objets.

rifiques, provenant de tous les rayons incidents tombés sur la lentille, de l'autre côté.

2. C'est la lentille convexe appelée *loupe* qui permet de voir grossis les objets qu'on regarde au travers, lorsqu'on les place assez près d'elle (fig. 421).

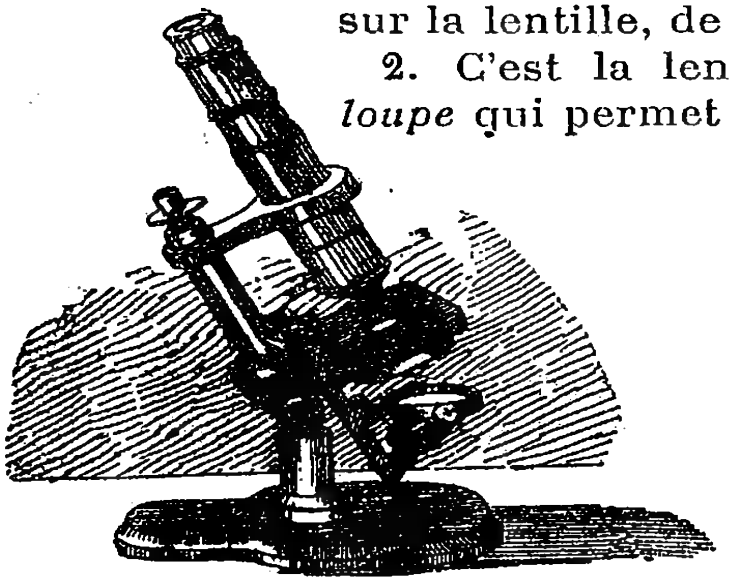


Fig. 422. — Microscope.

3. L'accouplement de deux lentilles convexes forme un *microscope*, à l'aide duquel on voit grossis jusqu'à mille fois et plus les objets transparents placés devant l'une des lentilles (fig. 422).

4. Ce sont des lentilles convexes que mettent devant leurs yeux les *presbytes* (ceux qui voient bien de loin) afin de voir nettement les objets placés à la distance normale de 30 centimètres.

5. Les lentilles convexes ou convergentes constituent en outre l'objet essentiel de la plupart des instruments d'optique : loupes, microscopes, appareils photographiques.

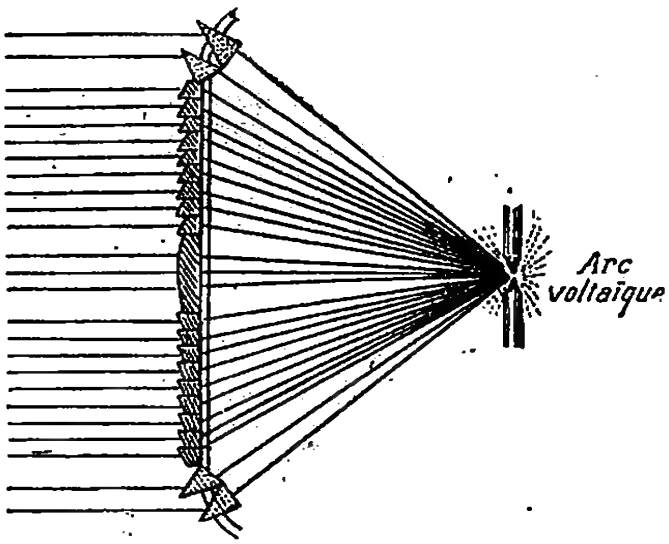


Fig. 423. — Coupe de l'une des lentilles à échelons d'un phare.

On les utilise, sous la forme de *lentilles à échelons*, dans les *phares*, pour envoyer des rayons parallèles à de très grandes distances.

4. La lunette astronomique. — La lunette astronomique sert à observer les astres. Elle se compose, comme le microscope, de deux lentilles biconvexes : l'une, l'*objectif*, qui, au moment de l'observation, est

tournée du côté de l'objet; l'autre, l'*oculaire* A, près de

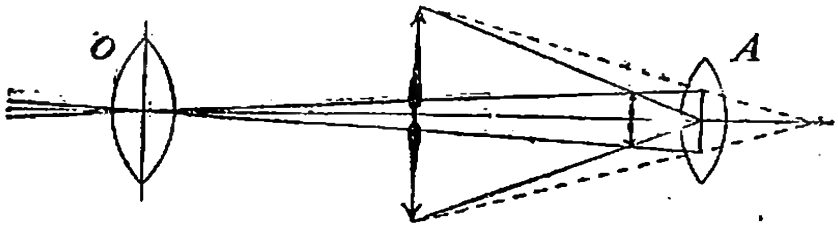


Fig. 424. — Schéma de la lunette astronomique.

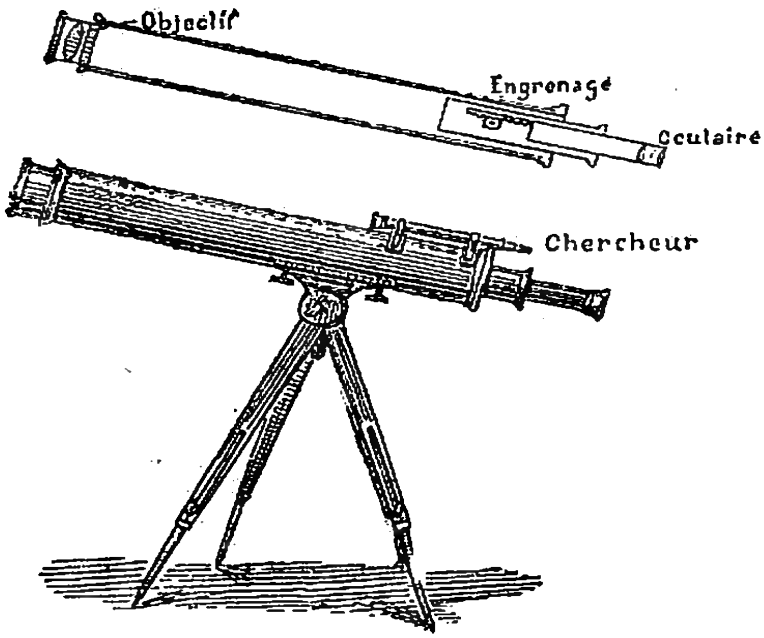


Fig. 425. — Lunette astronomique.

laquelle on applique l'œil

L'objectif donne une image très petite et renversée ; l'oculaire agrandit cette image, sans la redresser.

4. La lunette terrestre. — La lunette terrestre, ou *longue-vue*, se compose de trois lentilles biconvexes. L'objectif O donne une image renversée ; la lentille du milieu B,

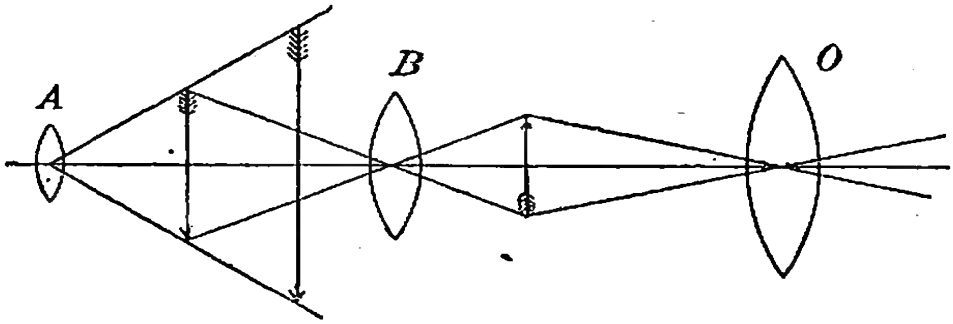


Schéma de la longue-vue.

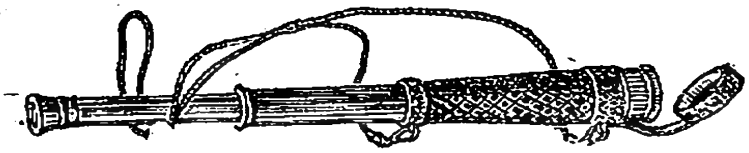


Fig. 426. — Longue-vue.

redresse cette image ; l'oculaire A la reproduit agrandie.

5. Lentilles concaves. — 1. Les lentilles concaves font au contraire *diverger*, c'est-à-dire s'éloigner l'un de l'autre les rayons lumineux qui les ont traversées.

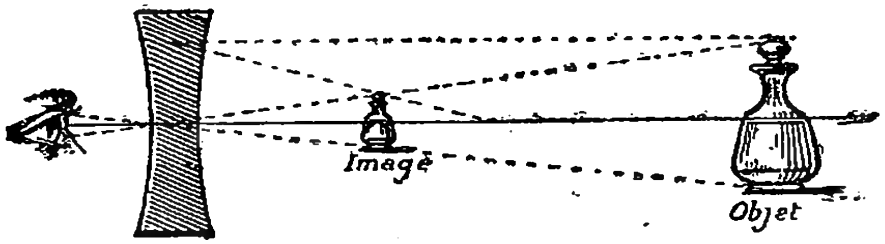


Fig. 427. — Image d'un objet réel donnée par une lentille divergente.

2. Lorsqu'on regarde un objet à travers elles, cet objet paraît toujours rapetissé.

3. Ce sont des lentilles concaves que mettent devant leurs yeux les *myopes* (ceux qui ne voient bien que tout près), pour voir nettement les objets placés à la distance de la vision normale.

DÉCOMPOSITION DE LA LUMIÈRE BLANCHE PRISME

6. Décomposition de la lumière blanche. Prisme. — 1. Lorsqu'un faisceau de lumière blanche vient à traverser un prisme de verre, au lieu de sortir, dévié

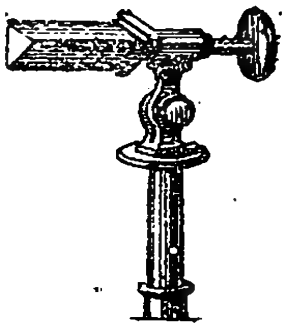


Fig. 428. — Prisme.

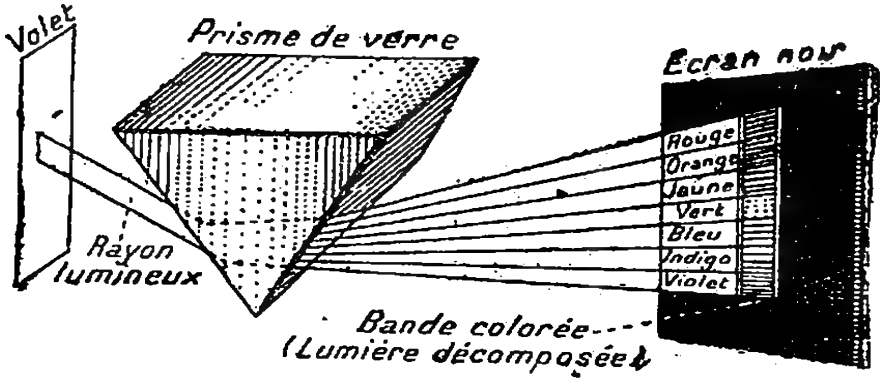


Fig. 429. — Décomposition de la lumière blanche par le prisme.

par la réfraction, encore blanc, il sort plus large qu'il n'était entré et coloré d'une infinité de couleurs parmi lesquelles on distingue les sept principales : *rouge*, *orange*, *jaune*, *vert*, *bleu*, *indigo*, *violet* (fig. 429)

2. On en conclut que la lumière blanche est composée des sept couleurs principales, que le prisme a réfractées.

3. Il n'y a pas que le prisme qui soit capable de décomposer la lumière blanche, les gouttelettes d'eau le font aussi. Nous l'avons remarqué, lorsqu'après une pluie abondante, le soleil éclaire les gouttelettes d'eau restées en suspension dans l'atmosphère et que sa lumière décomposée par elles forme les magnifiques *arcs-en-ciel*. Ce sont encore de petits arcs-en-ciel formés de la même façon que nous apercevons dans l'eau très finement pulvérisée qui s'échappe de certains jets d'eau éclairés par le soleil.

7. **Recomposition de la lumière blanche.** — A l'aide des sept couleurs séparées par le prisme, il est possible de reconstituer la lumière blanche. Sur un petit disque de carton on colle sept secteurs colorés chacun d'une des couleurs du prisme (fig. 430), puis on introduit ce disque sur la tige d'une de ces petites toupies qu'on fait tourner rapidement avec le doigt. Le disque paraît alors blanc, ce qu'on explique ainsi : la rotation a été si rapide que l'impression produite sur la rétine par la première couleur n'est pas encore effacée quand y apparaît la dernière ; il y a superposition sur elle des sept couleurs du prisme, par conséquent reconstitution de la couleur blanche à l'aide de ses éléments. Le prisme avait fait l'*analyse* de la lumière blanche, le disque en fait la *synthèse*.

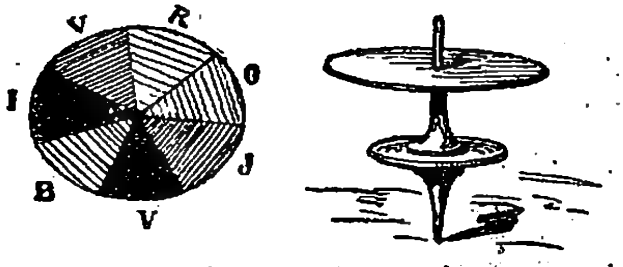


Fig. 430. — Disque et toupie servant à la recomposition de la lumière blanche.

8. **Photographie.** — Un appareil photographique se compose d'un *objectif* et d'une *chambre noire*.

L'objectif comprend ordinairement un système de deux lentilles capable de former l'image des objets placés devant l'objectif sur un écran disposé au fond de la chambre noire.

La chambre noire est une caisse fermée dans laquelle la lumière ne peut pénétrer qu'en passant à travers l'objectif adapté dans la face antérieure de la chambre.

La face antérieure ou la face postérieure de la chambre noire peut être déplacée afin de disposer l'écran portant la plaque sensible de façon qu'elle reçoive bien nettement l'image.

MATÉRIEL NÉCESSAIRE. — Une *plaque sensible;* une cuvette contenant un *révélateur*, une autre contenant un *fixateur*.

La *plaque sensible* est une plaque de verre enduite sur une de ses faces d'une matière sensible à la lumière, ordinairement d'une couche de collodion contenant du bromure d'argent. On dispose cette plaque sur l'écran de la chambre noire et on laisse pénétrer la lumière à travers l'objectif pendant un temps, toujours très court : la plaque est impressionnée.

Le *révélateur* ou *réducteur* est un produit capable d'agir sur la partie de la couche sensible qui a été impressionnée à la lumière et de produire une épreuve négative ou cliché sur laquelle les parties de l'image sont d'autant plus noires qu'elles ont été plus abondamment éclairées.

Le *fixateur* est un produit qui a pour objet de fixer l'image sur la plaque en rendant la couche insensible à la lumière.

ÉPREUVE SUR PAPIER. — *Matériel nécessaire.* — Un *châssis*, du *papier sensible*, une cuvette contenant un *développateur*, une autre contenant un *fixateur*.

Le *châssis* est un cadre dans lequel on place le cliché, la face impressionnée à l'intérieur.

Le *papier sensible* est un papier fort recouvert sur l'une de ses faces d'un produit sensible à la lumière, ordinairement d'une couche d'albumine contenant du chlorure ou du citrate d'argent. Ce papier se place dans le châssis sur le cliché, côté sensible contre côté sensible; on laisse la lumière passer à travers le cliché

et impressionner le papier jusqu'à ce que l'image soit suffisamment dessinée.

Le *développateur* est un produit capable de donner à l'image un ton allant jusqu'au noir : c'est ordinairement une dissolution de chlorure d'or.

Le *fixateur* (hypochlorite de soude) fixe définitivement l'image en rendant le papier insensible à la lumière.

RÉSUMÉ

1. Lentilles. — Les lentilles sont *convexes* ou *concaves*.

2. Lentilles convexes. Loupe. Microscope. — Les lentilles convexes sont *convergentes*. La *loupe* fait voir *grossis* les objets qu'on regarde à travers elle ; l'accouplement de 2 lentilles convexes forme le *microscope*. Les presbytes emploient les lentilles convexes.

3. Lunette astronomique. — La lunette astronomique, comme le microscope, a deux lentilles biconvexes : l'*objectif* et l'*oculaire;* elle donne une image agrandie et droite.

4. Lunette terrestre. — La lunette terrestre, ou *longue-vue*, se compose de trois lentilles ; elle donne une image agrandie et droite.

5. Lentilles concaves. — Les lentilles *concaves* sont *divergentes*. Les objets regardés à travers une lentille concave paraissent plus petits. Les myopes emploient les verres concaves.

6-7. Prisme. Décomposition et recomposition de la lumière. — Le *prisme* décompose la *lumière blanche* en *rouge*, *orange*, *jaune*, *vert*, *bleu*, *indigo*, *violet*. Les gouttelettes d'eau en font autant : arc-en-ciel.

La lumière blanche peut être recomposée à l'aide des sept couleurs du prisme.

8. Photographie. — Un appareil photographique se compose d'un *objectif* et d'une *chambre noire*. Le matériel nécessaire pour la photographie comprend en outre une *plaque sensible*, un révélateur et un fixateur.

La plaque de verre impressionnée dans la chambre noire puis révélée et fixée donne une *épreuve négative*.

Le matériel nécessaire pour obtenir une épreuve positive sur papier comprend un châssis, du papier sensible, un développateur et un fixateur.

EXPÉRIENCES A FAIRE

1. Regardez un objet à travers une lentille convexe ou concave (des verres de lunettes, par exemple).
   Placez une lentille entre une bougie et un écran ; montrez les images obtenues suivant la position de l'objet par rapport à la lentille.
2. Observez la décomposition de la lumière qui traverse un prisme.

Questionnaire.

1. Combien distingue-t-on de sortes de lentilles ? — **2**-1. Que deviennent les rayons réfractés dans des lentilles convexes ? 2. Que savez-vous de la loupe ? — du microscope ? — **3**. De la lunette astronomique ? — **4**. De la lunette terrestre ? — A quoi servent les verres convexes ? — **5**-1. Quelle est l'action des verres concaves sur les rayons lumineux ? — 2. sur les objets ? — 3. A qui servent les verres concaves ? — **6** Que devient un faisceau de lumière blanche traversant un prisme ? — Que faut-il en conclure ? — Le prisme est-il seul à décomposer ainsi la lumière blanche ? — **7**. Comment peut-on recomposer la lumière blanche ? — **8**-1. De quoi se compose un appareil photographique ? — 2. Quels sont les accesoires nécessaires ? — 3. Qu'est-ce que le cliché ? — De quel matériel doit-on disposer pour obtenir une épreuve positive sur papier ?

Rédaction : Énumérer les instruments bien connus qui sont des applications des lentilles. En décrire la forme et en indiquer les usages.

CHAPITRE XXI

LE SON

1. Le Son. — Lorsqu'on frappe légèrement sur le bord d'un verre tenu par son pied, on entend un son.

Fig. 431. — Vibrations. — La balle, après avoir touché le verre, est renvoyée vers sa position première par le déplacement de la paroi frappée.

Si on éloigne de sa position une corde à violon tendue, on entend de nouveau un son, lorsqu'on lâche la corde pour lui laisser reprendre sa position primitive

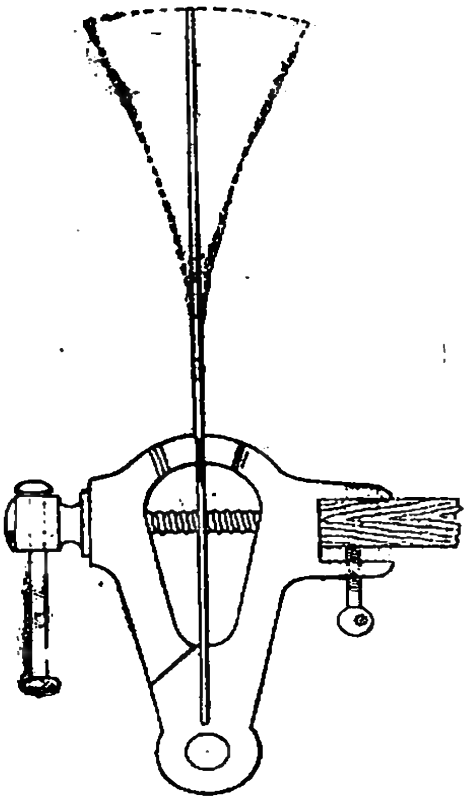


Fig. 432. Vibration d'une tige.

Fixons dans un étau, par une de ses extrémités, une lame d'acier assez longue et écartons de sa position naturelle l'extrémité libre que nous abandonnons ensuite à elle-même, elle ne retrouvera sa position normale qu'après avoir exécuté une série de mouvements de va-et-vient.

Les parois du verre, la corde à violon, la lame d'acier se sont déplacées et ont produit des vibrations qui ont impressionné notre oreille. Nous avons vu certaines de ces vibrations et nous les avons toutes entendues.

2. Propagation du son. — Mais il ne suffit pas qu'un corps vibre pour que nous entendions un son; il faut que notre oreille soit prévenue, que les vibrations viennent jusqu'à elle. Qui donc les lui amène? Lorsqu'une cloche sonne au loin, c'est que ses parois en vibrant se déplacent et remuent la couche d'air qui les touche. Cette première couche communique l'impression qu'elle a reçue à une seconde; cette seconde à une troisième, et ainsi de suite. De proche en proche, l'air est ébranlé jusqu'à celui qui pénètre dans notre oreille pour aller impressionner notre nerf auditif.

Mais, le son n'est pas perçu indéfiniment loin, car la seconde couche d'air ne se déplace pas autant que la première, l'air étant élastique; la troisième pas autant que la seconde, de sorte que le son s'affaiblit en s'éloignant pour devenir nul à une certaine distance. Mais il va d'autant plus loin qu'il a été plus intense et que les vibrations ont été plus grandes.

Il est absolument nécessaire qu'il y ait quelque chose : air, eau, solide, entre le corps qui vibre et notre oreille pour que nous entendions un son, car les vibrations ne se propagent pas dans le vide.

Si, au centre d'un ballon (fig. 433) muni d'une garniture métallique pouvant se visser sur la platine de la machine pneumatique, on suspend une clochette par des filaments de soie grège, incapables de transmettre le son par un manque d'élasticité, et qu'après y avoir fait le vide on agite le ballon, la clochette frappée par son battant ne rend aucun son perceptible.

Mais, si l'on ouvre progressivement le robinet qui donne accès à l'air, le son que produit la clochette devient perceptible et d'autant plus sensible que la quantité d'air est plus grande.

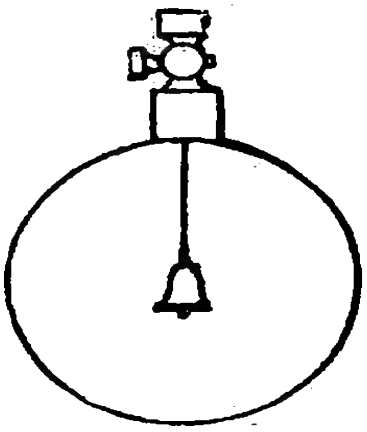


Fig. 433. — Le son ne se propage pas dans le vide.

3. Vitesse du son. — Le son ne court pas très vite dans

l'air, il parcourt 340 mètres par seconde. Alors un son n'arrive pas à l'oreille en même temps qu'il se produit, si le corps sonore est un peu éloigné ; nous avons vu qu'il n'en était pas ainsi pour la lumière, que nous la voyions aussitôt produite. Telle est la raison pour laquelle nous n'entendons pas le coup de hache que donne le bûcheron sur l'arbre en même temps que nous le voyons frapper, si nous sommes un peu loin. Les mouvements de la hache sont perçus par l'œil en même temps qu'ils se produisent, mais, suivant la distance, le bruit du choc de la hache contre l'arbre est plus ou moins long à parvenir à notre oreille; il met une demi-seconde si nous sommes à 170 mètres du bûcheron.

Pour la même raison, nous voyons la fumée sortir du fusil d'un chasseur avant d'entendre la détonation. Nous percevons le bruit du tonnerre après que nous avons vu l'*éclair*. Dans ce dernier cas, l'étincelle qu'on appelle l'éclair a, pour passer, déplacé rapidement l'air qui, mis en vibration, a produit un bruit : le tonnerre.

On peut alors, avec une montre indiquant les secondes, savoir à quelle distance on se trouve d'un bûcheron, d'un chasseur, d'un éclair, etc. Dès qu'on voit la cause d'un son se produire, on regarde la petite aiguille du cadran à secondes et on note sa place; dès qu'on entend le son, on note sa nouvelle position; supposons que l'aiguille ait marché une seconde et demie entre les deux observations, on dira que la distance est de une fois et demie 340 mètres ou 510 mètres.

Le son se propage non seulement à travers l'air, mais à travers l'eau et à travers les corps solides ; et même il s'y propage avec une vitesse bien plus considérable que dans l'air; ainsi, dans l'eau, le son va plus de quatre fois plus vite que dans l'air. A travers les corps solides, la vitesse est encore plus grande et dépend de la nature du solide; les solides conduisent les sons plus loin que l'air. Ainsi, en plaçant son oreille sur la terre durcie par la gelée en hiver, on entend rouler

une voiture à une très grande distance, alors qu'on n'entendrait rien dans l'air ; on recommande aux sentinelles qui veillent à la sûreté des postes, en campagne, de placer de temps en temps leur oreille à terre pour percevoir de plus loin les déplacements des ennemis. De même, en se couchant sur les rails d'un chemin de fer, on entend un train venir de très loin.

4. Écho. — Lorsqu'un son rencontre un obstacle : rideau d'arbres, montagne, rochers, etc., il est renvoyé par cet obstacle, comme la lumière est réfléchie par le miroir; l'oreille, qui entend d'abord le son produit, puis le son après qu'il a été réfléchi, entend l'*écho* du son, sa répétition. Suivant la disposition des lieux, l'écho peut se produire plusieurs fois; ainsi on cite l'écho du château de Simonetta, en Italie, qui répète environ 40 fois un coup de pistolet, parce qu'il y a, aux deux bouts d'une longue avenue, deux murailles parallèles qui se le renvoient.

5. Qualités du son. — On distingue trois qualités dans les sons : l'*intensité*, la *hauteur*, le *timbre*.

L'*intensité* d'un son dépend : 1° de l'amplitude des vibrations qui lui ont donné naissance; 2° de la densité de l'air dans lequel il se propage; 3° de la distance où il se produit; 4° du voisinage plus ou moins grand d'un autre corps sonore.

Si l'on éloigne très sensiblement de sa position normale une corde tendue sur un violon, qu'on abandonne ensuite à elle-même, elle produit un son plus intense que si on l'avait peu écartée.

Un coup de feu tiré au sommet d'une montagne, où l'air est moins dense, s'entend moins que celui qui est tiré en plaine.

Il est évident que le son est moins intense quand il vient de loin.

Le son d'un réveille-matin est bien plus intense, lorsqu'on le place au milieu d'une table ou sur une assiette renversée, que si on le laisse sur une cheminée en marbre.

La *hauteur* ne dépend que du nombre des vibrations. Plus les vibrations sont nombreuses, plus le son est aigu; le son est d'autant plus grave que le nombre des vibrations diminue. Un nombre juste *double* de vibrations produit un son d'une *octave* au-dessus. Les voix des enfants et des femmes sont plus aiguës que les voix d'hommes.

Le *timbre* du son dépend de la *forme* des vibrations et de la *nature* du corps qui vibre. Ainsi la note *la* du piano n'a pas le même timbre que cette même note *la* donnée par un autre instrument, un cornet à piston, par exemple, à égalité d'intensité et de hauteur.

6. Instruments de musique. — La musique est produite soit par les vibrations de cordes, soit par les vibrations de l'air dans un instrument. De là deux sortes d'instruments : les *instruments à cordes* et les *instruments à vent*.

Dans la harpe, on pince des cordes; dans le violon, on les frotte avec un archet enduit de résine; dans le piano, on les frappe avec un marteau de bois par l'intermédiaire des touches : voilà des instruments à cordes.

Dans le cor, l'exécutant règle l'arrivée de l'air dans l'instrument en serrant ou en détendant ses lèvres; dans le cornet à piston, les lèvres font le même office et, de plus, les pistons abaissés ou levés permettent à l'air d'effectuer dans l'instrument des trajets différents; dans la clarinette, l'artiste fait vibrer, toujours avec l'air sorti de sa bouche, une petite lame ou *anche* qui transmet les vibrations à l'air de l'intérieur de l'instrument, etc.

7. Phonographe. — Inventé par Edison, le *phonographe* est un instrument qui enregistre et peut reproduire les vibrations qui ont donné naissance à un son et, par conséquent, répéter ce son.

Un cylindre de cuivre (fig. 434), à la surface duquel est gravée une spire dans toute son étendue, peut être mis en mouvement par un axe horizontal également

fileté, engagé dans une pièce métallique fixe. A quelques millimètres de la surface du cylindre est tendue, au fond d'un entonnoir, une membrane vibrante munie d'un stylet.

Avant de faire fonctionner l'appareil, on applique une feuille d'étain mince, mais assez consistante, sur la surface du cylindre de cuivre; puis on parle haut ou on chante devant la membrane, en même temps que l'on fait tourner le cylindre d'un mouvement régulier. Le son

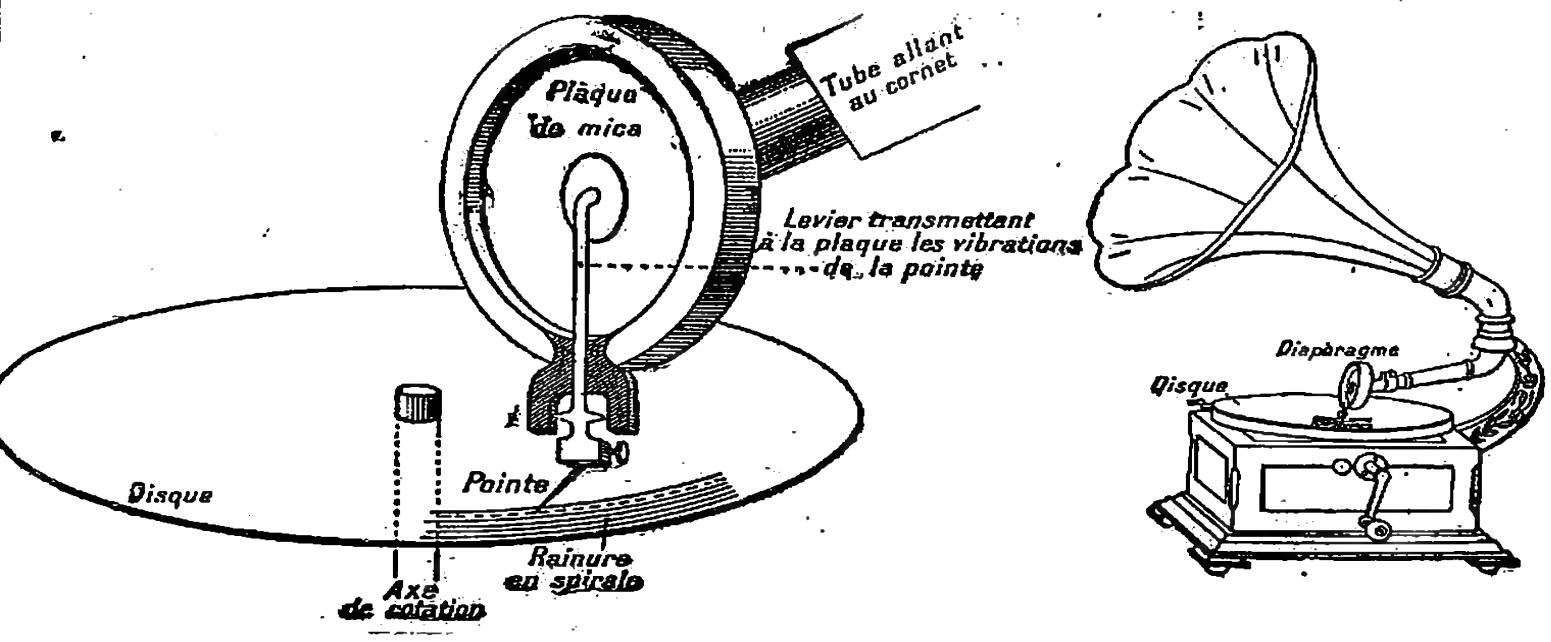


FIG. 434. — Phonographe.

met l'air en vibration, la membrane ébranlée vibre à l'unisson et pousse le stylet sur la feuille d'étain aussi souvent que la membrane est elle-même poussée. Nous aurons alors sur la feuille d'étain une succession de creux disposés en hélice, correspondant aux vibrations sonores et moulant pour ainsi dire ces vibrations : ils seront d'autant plus rapprochés que le nombre des vibrations a été plus grand dans le même temps, d'autant plus larges que l'amplitude des vibrations a été plus grande; mais surtout ils auront tous les détails de leur forme, qui donne le timbre. Le son est donc enregistré avec ses trois qualités nécessaires : hauteur, intensité et timbre.

Si maintenant on veut reproduire le son enregistré, on tourne le cylindre en sens inverse de façon à amener sous le stylet le premier enfoncement formé, puis on rétablit le mouvement direct. Le stylet, suivant fidèlement tous les détails de forme du sillon tracé, donne son mouvement à sa membrane en s'enfonçant et se relevant; la membrane vibre et produit un son faible, mais qu'on amplifie par un cornet, c'est le même son qui a produit le gaufrage de la feuille d'étain, puisqu'il y a égalité dans le nombre et l'amplitude des vibrations, si l'on prend soin de tourner le cylindre avec la même vitesse que dans l'enregistrement.

8. Téléphone. — Le téléphone permet de transmettre la parole à distance.

Il existe différents systèmes de téléphone; le plus

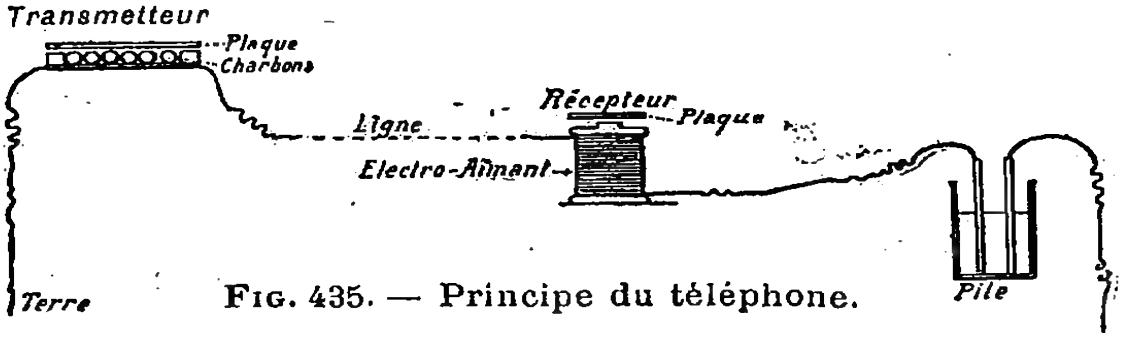


FIG. 435. — Principe du téléphone.

généralement employé en France est le téléphone *système Ader*, dont nous allons donner la description.

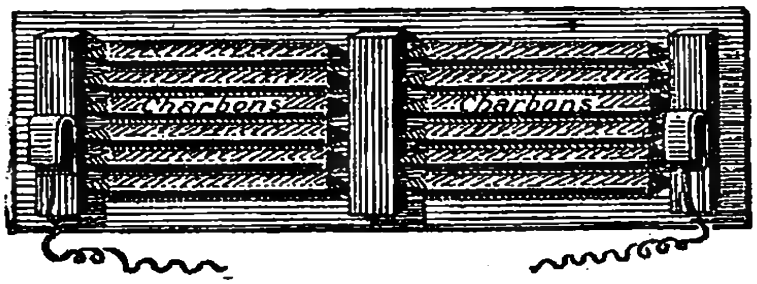


FIG. 436. — Transmetteur Dispositif des bâtonnets de charbon sous la plaque de bois.

Il comprend un appareil *transmetteur* et un appareil *récepteur*, reliés par un fil parcouru par le courant d'une pile.

Le *transmetteur* se compose d'une mince *plaque* de bois ordinairement disposée comme la table d'un pupitre, et au-dessus d'une série de *bâtonnets* de charbon des cornues pénétrant légèrement par leurs extrémités en pointes dans des lames transver-

sales de charbon. Les bâtonnets sont parfois remplacés par un assemblage de *boules* en charbon remplissant l'espace entre les lames.

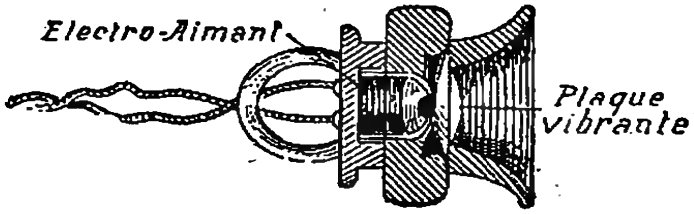


Fig. 437. — Récepteur.

Le *récepteur* comprend un *électro-aimant* au-devant duquel se trouve une mince *plaque* de fer forgé, disposée au fond d'une sorte de petite cuvette capable de s'appliquer sur l'oreille.

Quand on cause devant la plaque du transmetteur, on la fait vibrer ; elle vient heurter les bâtonnets de charbon ou les boules et apporte ainsi dans le courant qui la traverse des changements d'intensité dont chacun correspond à une vibration de la plaque. Ces changements, qui dépendent de la force ainsi que de la rapidité des vibrations, se manifestent dans l'électro-aimant du récepteur et produisent dans la plaque même de celui-ci des vibrations qui correspondent exactement à celles de la plaque du transmetteur. Grâce à cette plaque le son se transmet en intensité, en hauteur et en timbre; c'est la parole elle-même reproduite.

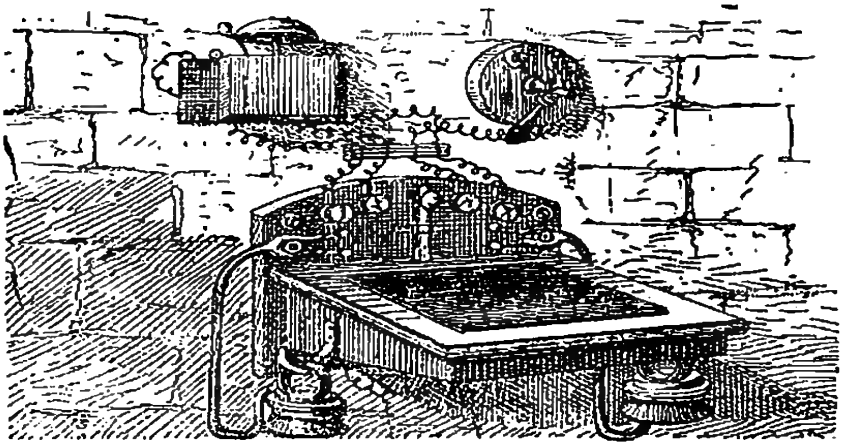


Fig. 438. — Un poste téléphonique.

RÉSUMÉ

1 Le son. — Un **son** est produit par les *vibrations* d'une paroi, d'une corde, ou de l'air.

2. Propagation du son. — Pour qu'un son soit perçu, il doit être conduit à l'oreille par un milieu pesant : air, eau, solide.

Le son ne se propage pas dans le vide. Il ne se propage pas non plus indéfiniment loin.

3. Vitesse du son. — Le son *parcourt* 340 *mètres par seconde* dans l'air; sa vitesse dans l'eau est plus de quatre fois plus grande; elle est plus grande encore dans les solides.

4. Écho. — L'*écho* est produit par la réflexion d'un son rencontrant des obstacles.

5. Qualités du son. — On distingue trois qualités dans les sons : l'*intensité*, la *hauteur* et le *timbre*.

6. Instruments de musique. — Selon le genre de vibrations qu'ils produisent, les instruments de musique sont *à cordes* ou *à vent*.

7. Phonographe. — Le phonographe est un instrument qui enregistre et peut reproduire les vibrations qui ont donné naissance à un son et, par conséquent, répéter ce son.

8. Téléphone. — Le téléphone transmet au loin les sons, grâce à un *transmetteur* et à un *récepteur*.

Questionnaire.

1. Qu'est-ce qu'un son? — Par quoi un son est-il produit? — **2.** Que faut-il pour qu'un son soit perçu par l'oreille? — Le son se propage-t-il dans le vide? — Comment le prouve-t-on? — **3.** Le son se propage-t-il aussi vite que la lumière? — Quelle est la vitesse du son? — Le son se propage-t-il autre part que dans l'air? — **4.** Qu'est-ce que l'écho? — Par quoi est-il produit? — **5.** Quelles sont les trois qualités des sons? — En quoi consiste chacune d'elles? — **6.** Combien y a-t-il d'espèces d'instruments de musique? — **7.** Qu'est-ce que le phonographe? — Expliquez-en le mécanisme. — **3.** Que savez-vous du téléphone?

Rédaction : 1° L'écho : Expliquer ce phénomène. Montrer comment il peut se produire un écho multiple; — 2° Décrire un téléphone en indiquer la partie essentielle et en montrer le fonctionnement.

CHAPITRE XXII

CHIMIE

NOTIONS PRÉLIMINAIRES
EAU — OXYGÈNE — HYDROGÈNE

1. Corps simples. Corps composés. — 1. Quand nous avons fait passer un courant dans l'eau (voir *Physique*), nous avons remarqué que cette eau se décomposait, et nous avons recueilli les gaz provenant de sa décomposition; l'eau était donc un corps *composé*. Quant aux gaz recueillis, *oxygène* et *hydrogène*, tous les moyens employés jusqu'à ce jour pour essayer d'en tirer d'autres corps ont échoué ; on en conclut qu'ils ne sont pas composés, qu'ils sont *simples*.

2. Les corps composés sont donc ceux dont on peut retirer deux ou plusieurs corps simples ; les corps simples, ou *éléments*, sont ceux qu'on ne peut décomposer, desquels on ne peut retirer aucun autre élément.

2. Métalloïdes. Métaux. — 1. Les corps simples ont été divisés en deux groupes, les *métalloïdes* et les *métaux*, formant un ensemble d'environ soixante-dix corps simples.

2. Les principaux métalloïdes sont : *l'oxygène, l'azote, le carbone, le soufre, le phosphore.*

3. Les principaux métaux sont *le fer, le zinc, l'étain, le cuivre, le plomb, le mercure, l'argent, l'or, le platine.*

3. Acides. Bases. Sels. — 1. Un *acide* résulte de la combinaison d'un *métalloïde avec l'oxygène* ou *l'hydrogène*. Ainsi, les acides azotique, carbonique, sulfurique sont formés par la combinaison de l'oxygène avec l'azote, le carbone ou le soufre, les acides chlorhydrique, sulthydrique sont formés par la combinaison du chlore ou du soufre avec l'hydrogène.

2. Les acides ont une saveur caractéristique, qu'il n'est pas toujours prudent de vérifier ; ils font *rougir le papier de tournesol bleu*, même s'ils sont étendus d'eau.

3. Une *base* ou *oxyde basique* résulte de la *combinaison d'un métal avec l'oxygène ;* ainsi, l'oxyde de fer, de cuivre, de calcium (chaux) proviennent de la combinaison de l'oxygène avec les métaux fer, cuivre ou calcium.

4. Les bases ont la propriété, lorsqu'elles sont dissoutes dans l'eau, de *ramener à la couleur bleue le papier de tournesol, qui a été rougi par un acide.* On peut dire que, pour le tournesol, les bases neutralisent l'action des acides.

5. Un *sel* résulte de la combinaison d'un acide et d'une base. Ainsi, le sel *carbonate de chaux* (la craie) est formé de l'*acide carbonique* et de la *base chaux ;* le sulfate de cuivre, de l'acide sulfurique et de l'oxyde de cuivre ; l'azotate de potasse (salpêtre), d'*acide* azotique et de *base* potasse.

On voit que le nom même du sel, nom composé, rappelle ses composants.

OXYGÈNE

4. Propriétés.— 1. L'**oxygène** est un gaz qui n'a ni couleur ni odeur ; il est un peu plus lourd que l'air et très peu soluble dans l'eau.

2. Sa propriété la plus saillante est le pouvoir qu'il a de *rendre plus vives les combustions ;* il est même capable de rallumer avec flamme une bougie ou une allumette ne présentant plus que quelques points rouges (fig. 439).

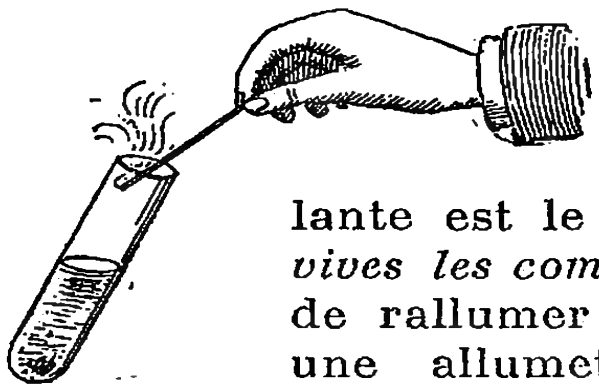


Fig. 439. — L'oxygène rallume l'allumette.

Pour montrer combien ce gaz avive les combustions, on fait pénétrer, dans des flacons contenant de l'oxygène, du phosphore, du charbon, etc., déjà allumés ; dès qu'ils y sont entrés, ils dégagent une très vive clarté à peine soutenable pou les yeux.

Un fil de fer lui-même, au bout duquel on aurait mis un morceau d'amadou enflammé, plongé dans un flacon d'oxygène y brûlerait, en projetant de toutes parts des étincelles très brillantes (fig. 440).

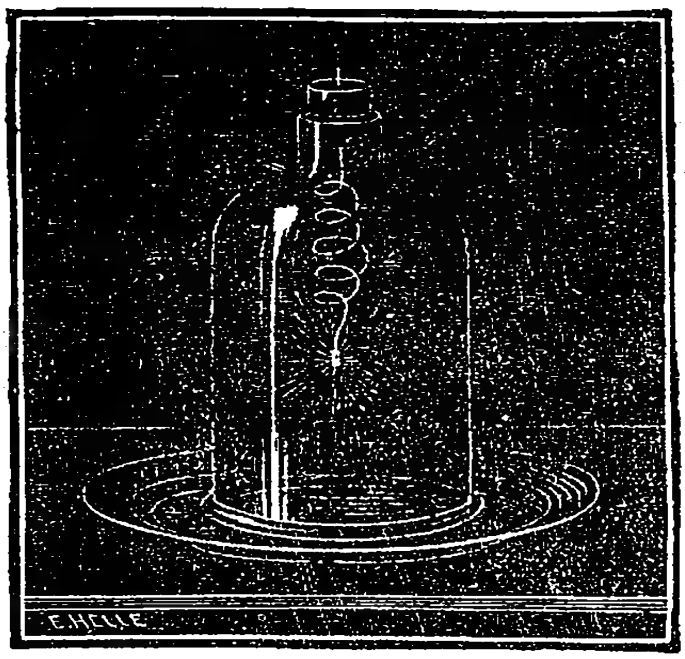


FIG. 440. — Combustion du fer dans l'oxygène.

3. L'oxygène qui avive ainsi les combustions n'est *pas combustible*, il ne brûle pas lui-même.

4. Les *combustions vives* que nous venons de provoquer ont accompagné une transformation : ici une *oxydation* du charbon, du phosphore, du fer, pour former, avec les deux métalloïdes, de l'acide phosphorique, de l'acide carbonique ; avec le métal fer, de l'oxyde de fer, comme nous l'avions annoncé.

5. ÉTAT NATUREL. — L'oxygène est le gaz le plus abondant de la nature ; on le trouve dans l'air, dans l'eau, dans la plupart des substances animales, végétales et minérales.

6. PRÉPARATION — On peut extraire l'oxygène de l'air mais l'opération est difficile et onéreuse ; dans les laboratoires on le prépare en décomposant par la chaleur le chlorate de potassium (fig. 442).

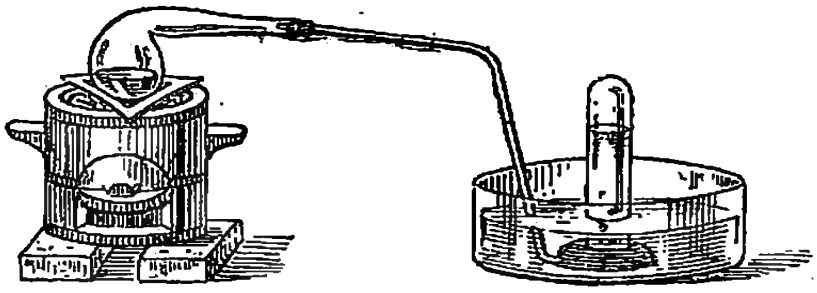


FIG. 442. — Préparation de l'oxygène par le chlorate de potassium.

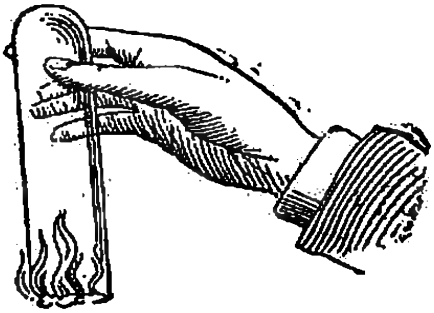
7. USAGES DE L'OXYGÈNE. — L'oxygène est utilisé pour activer la combustion du *gaz d'éclairage* quand on veut obtenir une lumière vive ; un *mélange* d'oxygène et d'hy-

drogène produit, en brûlant, une température très élevée. En *médecine*, on fait respirer de l'oxygène au malade dont la respiration est affaiblie, on *lave les plaies* avec de l'*eau oxygénée*, combinaison très instable d'eau et d'oxygène.

L'oxygène est d'autre part l'élément essentiel de la *respiration* et des *combustions;* on le trouve dans presque toutes les *combinaisons*. Avec les métaux, il fait les *oxydes;* avec les métalloïdes, il fait les *acides* qui forment les *sels*, en se combinant avec les oxydes.

HYDROGÈNE

8. Propriétés. — 1. L'**hydrogène** est un gaz incolore et inodore ; il est très léger, quatorze fois plus léger que l'air ; à cause de sa légèreté, il sert à gonfler les ballons



2. L'hydrogène est un gaz *combustible;* mais il n'entretient pas les combustions. Pour mettre en évidence ces deux propriétés, on prend une éprouvette contenant de l'hydrogène (l'ouverture en bas), on y fait pénétrer (fig. 443) une bougie allumée, le gaz s'enflamme à l'entrée de l'éprouvette ; mais si on plonge la bougie dans l'éprouvette, elle s'éteint, pour se rallumer, lorsque, la retirant, elle passe dans la flamme d'hydrogène.

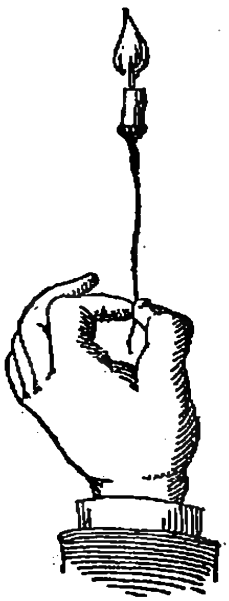


Fig. 443. L'hydrogène brûle.

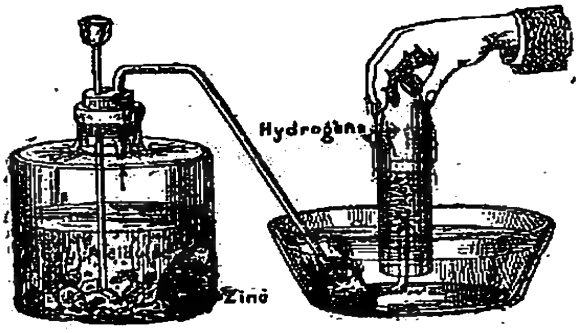


Fig. 444. — Préparation de l'hydrogène.

9. État naturel. — L'hydrogène existe dans la

nature à l'état de combinaison, dans l'eau et dans de nombreuses substances animales et végétales.

10. Préparation. — On obtient l'hydrogène en décomposant l'eau par un courant ou en traitant le zinc par l'acide sulfurique étendu d'eau.

Pour cela, on prend un vase fermé par un bouchon à deux trous (fig. *444*) renfermant de l'eau et du zinc en petits morceaux. Dans un des trous du bouchon, passe un tube droit plongeant dans l'eau et terminé extérieurement par un entonnoir ; dans l'autre trou, passe un tube recourbé se rendant dans une cuve contenant de l'eau. Dans le tube à entonnoir, on verse quelques gouttes d'acide sulfurique. Il se produit une vive effervescence, et l'hydrogène se dégage par l'autre tube ; on le recueille dans une éprouvette d'abord remplie d'eau.

11. Usages de l'hydrogène. — L'hydrogène brûle avec l'oxygène en produisant une *haute* température. Dirigée sur un bâton de chaux vive, la flamme de l'hydrogène détermine une incandescence d'une clarté éblouissante dont on fait usage dans les *lanternes à projection*. La grande *légèreté* de ce gaz le rend précieux pour le gonflement des *ballons ;* il a l'inconvénient de traverser assez vivement même les enveloppes les plus imperméables ; aussi est-il nécessaire de regonfler souvent les ballons remplis de ce gaz. On fait plutôt usage du *gaz d'éclairage*, qui est plus dense et moins fluide.

Son avidité pour l'oxygène fait de l'hydrogène un puissant *réducteur;* en présence d'un oxyde chauffé, il s'empare de l'oxygène et laisse libre le métal.

L'hydrogène entre pour une large part dans la composition des matières animales et végétales ; il constitue l'eau en volume aux deux tiers : l'autre tiers est l'oxygène.

RÉSUME

1. Corps simples. Corps composés. — Les corps que la chimie étudie sont simples ou composés.

2. Métalloïdes. Métaux. — Les corps simples ont été divisés en deux groupes : les *métalloïdes* et les *métaux*.

3. Acides. Bases. Sels. — Un acide provient de la combinaison d'un *métalloïde* avec l'oxygène ou l'hydrogène ; il rougit le papier de tournesol.

Un oxyde basique, ou base, est le résultat de la combinaison d'un *métal* avec l'oxygène ; il ramène au bleu le tournesol rougi.

Un sel résulte de la combinaison d'un acide et d'une base; son nom, composé, rappelle ses composants.

4. Oxygène. Propriétés. — L'oxygène est un gaz qui *avive* les combustions en formant des *acides* avec les métalloïdes, des *bases* avec les métaux.

5. État naturel. — L'oxygène est le gaz le plus abondant de la nature, on le trouve dans l'air, dans l'eau, etc.

6. Préparation. — On le prépare en *décomposant l'eau* par la pile ; ou en le faisant dégager du *Potamogeton* exposé au soleil, dans l'eau. On le prépare aussi en traitant par la chaleur le chlorate de potassium.

7. Usages de l'oxygène. — L'oxygène active la combustion du gaz à éclairage, brûle avec l'hydrogène à une haute température, l'eau oxygénée est un antiseptique apprécié. L'oxygène est l'agent essentiel de la respiration et des combustions ; il entre dans beaucoup de combinaisons chimiques.

8. Hydrogène. — L'hydrogène est 13 fois plus léger que l'air. Il est combustible, mais n'entretient pas les combustions.

9. État naturel. — L'hydrogène existe dans la nature à l'état de combinaison.

10. Préparation. — Pour le préparer, on *décompose l'eau* par la pile, ou on traite le zinc par de l'acide sulfurique étendu d'eau.

11. Usages de l'hydrogène. — La flamme de l'hydrogène donne à la chaux vive une éblouissante clarté. L'hydrogène est utilisé pour le gonflement des *ballons* ; il est un *réducteur* puissant ; dans les oxydes chauffés, il prend l'oxygène et met en liberté le métal ; il entre dans la composition des *matières organiques* et constitue *l'eau* aux deux tiers.

EXPÉRIENCES A FAIRE

Remarque. La majeure partie des expériences de chimie ne doivent être faites que par le maître, ou en présence du maître ; elles nécessitent l'emploi de substances, entre autres l'acide sulfurique (vitriol), qui sont d'un maniement si dangereux qu'on ne peut les conseiller à des enfants.

1. Manier et observer quelques métaux : fer, cuivre, zinc ; quelques métalloïdes : charbon, soufre, et constater leurs différences générales.
2. Rougir le papier bleu de tournesol en le plongeant dans le vinaigre, le faire redevenir bleu en le plongeant dans de l'ammoniaque.
3. Préparer de l'oxygène avec le *Polamogeton* (n° 6), en recueillir dans un petit tube en verre fermé d'un bout, faire tomber dedans un petit morceau de charbon de bois allumé, on verra sa lumière devenir très vive.

Questionnaire.

1-1. Comment divise-t-on les corps ? — 2. Qu'appelle-t-on corps simples et corps composés? — Comment divise-t-on les corps simples ? — **2**. Citez quelques métalloïdes. — Quelques métaux. — **3**. Qu'est-ce qu'un acide? — **4**. Prouvez que l'oxygène avive les combustions. — 3. L'oxygène est-il combustible? — 4. Quels sont les résultats des combustions vives ? — **5** Où trouve-t-on de l'oxygène ? — **6**. Comment peut-on en obtenir ? — Citez les usages de l'oxygène ? — **7**. Quelles sont les principales propriétés de l'hydrogène ? — 2. Prouvez que l'hydrogène est combustible, mais n'entretient pas la combustion. — **8**. Où trouve-t-on l'hydrogène à l'état naturel ? — **9**. Comment peut-on s'en procurer? — Citez les usages de l'hydrogène.

Rédaction : L'oxygène. Où le trouve-t-on ? Ses propriétés. Son importance et son rôle dans les phénomènes de la combustion et de la respiration.

CHAPITRE XXIII

EAU

1. Propriétés — 1. L'**eau** est *liquide* à la température ordinaire ; elle est *solide* (glace) au-dessous de 0° ; elle est *vapeur* au-dessus de 100°.

2. L'eau est un corps composé des deux gaz oxygène et hydrogène, dans les proportions de 1 volume d'oxygène pour 2 volumes d'hydrogène ; nous l'avons vu en physique, lorsque nous l'avons décomposée par le courant de la pile.

3. On peut encore décomposer l'eau à l'aide du fer ou du charbon *rougis*. En plongeant l'un de ces deux corps rougis dans de l'eau, on voit se dégager des bulles qui ne sont autres que de l'hydrogène. Quelques gouttes d'eau jetées sur le foyer raniment la combustion, parce que l'oxygène provenant de la décomposition avive la combustion et que l'hydrogène brûle lui-même.

2. État naturel. — L'eau qu'on trouve en si grande abondance dans la nature n'est pas chimiquement pure; elle contient, outre l'oxygène et l'hydrogène qui la constituent, de l'oxygène, de l'azote, du gaz carbonique en dissolution ; les deux premiers de ces gaz qui forment l'air permettent aux animaux et aux plantes aquatiques de vivre.

Dans l'eau naturelle, on trouve encore en dissolution du calcaire (craie), du plâtre, et dans les eaux de la mer, du chlorure de sodium ou sel marin.

3. **Eau potable.** — 1. Pour qu'une eau soit potable,

c'est-à-dire bonne à boire, il faut qu'elle soit bien aérée, qu'elle contienne un peu de sel marin et une faible quantité de calcaire ; mais pas de matières organiques.

2. Lorsqu'on n'est pas certain de la bonne qualité d'une eau, il est prudent de la faire bouillir ; mais comme l'ébullition, tuant les germes nuisibles, a chassé l'air de l'eau, il faut aérer cette eau bouillie en l'agitant dans la bouteille incomplètement remplie.

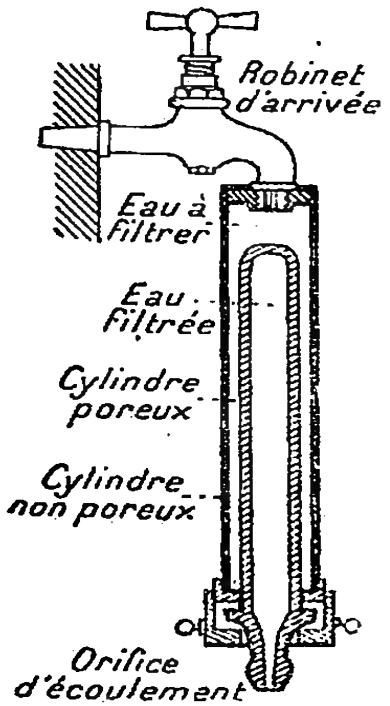


Fig. 446. Filtre Pasteur ou Chamberland.

4. **Filtres.** — Il existe un autre moyen d'avoir de l'eau pure et digeste sans la faire bouillir : c'est de la *filtrer*. Les filtres à charbon et les filtres à pierres poreuses suffisent dans la plupart des cas, mais non en temps d'épidémie.

Ces filtres retiennent bien une grande quantité d'impuretés et de matières organiques, mais ils laissent passer certains microbes malfaisants.

Pour avoir une sécurité à peu près absolue, il faut recourir au filtre à porcelaine. Le plus répandu est le filtre Chamberland-Pasteur (fig. 446). L'eau filtre à travers une bougie en porcelaine poreuse où elle se débarrasse de toutes ses impuretés.

5. **Eau calcaire.** — Une eau trop calcaire se reconnaît parce qu'elle ne fait pas mousser le savon et qu'elle durcit les légumes à la cuisson ; c'est elle qui laisse dans la bouillotte un abondant dépôt de calcaire ; on dit qu'elle est *lourde* et *crue*.

6. **Eau pure.** — Pour débarrasser l'eau des matières solides qu'elle contient en dissolution, on la *distille*. La distillation se fait dans un *alambic* en cuivre ; la vapeur se rend dans un *serpentin* entouré d'eau froide et s'y condense. On la recueille dans un récipient extérieur. Les sels qui se trouvaient en dissolution dans

l'eau restent dans le vase chauffé ; c'est ainsi qu'on peut obtenir de l'*eau douce* avec de l'eau de mer. Les résidus de la distillation de l'eau de mer sont en presque totalité du sel marin.

7. Eaux minérales. — Des eaux qui ont dissous en grande quantité certains sels constituent des eaux minérales, que la médecine utilise. Eaux *sulfureuses* d'Enghien, de Bagnères-de-Luchon, de Barèges ; eaux *carbonatées* de Vichy, Saint-Galmier ; eaux *ferrugineuses* de Bussang, de Spa ; eaux *purgatives* de Sedlitz, Pullna, Rubina.

8. Usages de l'eau. — L'eau est dans la nature un des *éléments* indispensables, c'est la *boisson* par excellence de l'homme et des animaux ; c'est pour les plantes l'*agent essentiel* de la germination et le *véhicule* qui porte le suc nourricier dans les différentes parties du végétal.

L'eau entre pour une proportion considérable dans la composition des *aliments ;* elle sert, en outre, à la préparation de ces aliments, comme elle sert aux soins de *propreté* nécessaires à l'homme et à tous les animaux.

L'eau est une *force* utilisée dans les machines et les usines : transformée en *vapeur*, c'est la puissance qui fait marcher les locomotives.

L'eau *courante* des fleuves et des rivières, l'eau de la mer elle-même, offrent un facile et économique moyen de *transport*.

RÉSUMÉ

1. Eau. — L'eau est solide, liquide ou gazeuse, selon la température.

Elle est formée de 2 volumes d'hydrogène pour 1 volume d'oxygène. On la décompose par la pile, ou par un métal porté au rouge.

2. État naturel. — L'eau de la nature contient, en dissolution, de l'air, de l'acide carbonique et certains sels.

3. Eau potable. — Une eau *potable* doit être bien aérée et contenir peu de sels, et pas de matières organiques.

4. Filtres. — On doit faire bouillir ou filtrer l'eau dont on ne connaît pas bien la nature. Il y a des filtres à charbon et des filtres à porcelaine.

5. Eau calcaire. — Une eau *calcaire* ne savonne pas, cuit mal les légumes.

6. Eau pure. — De l'eau *distillée* s'obtient en refroidissant la vapeur d'eau.

7. Eaux minérales. — Les eaux *minérales* ont dissous des sels particuliers, elles sont employées en médecine.

8. Usages de l'eau — L'eau est indispensable ; c'est la boisson de tous les animaux ; c'est le véhicule des sucs nourriciers des plantes. Elle constitue, dans une grande proportion, les aliments ; elle sert à leur préparation ; sans eau, point de propreté. C'est en outre une force réelle ; l'eau des fleuves et de la mer fournit un moyen aisé et économique de transport.

Questionnaire.

1-1. Sous quels états l'eau se présente-t-elle ? — 2. De quoi se compose-t-elle ? — 3. Citez divers moyens de décomposer l'eau. — **2.** Quels gaz, quels solides l'eau naturelle contient-elle en dissolution ? — **3-1.** Quelles qualités doit réunir l'eau pour être potable ? — 2. Que faire, si l'on n'est pas certain de la bonne qualité de l'eau ? — Quel inconvénient présente l'eau qui a bouilli ? — **4.** Comment peut-on obvier à cet inconvénient ? — Connaissez-vous plusieurs espèces de filtres. — Quel est le meilleur ? — **5.** Comment reconnaître l'eau trop calcaire ? — **6.** Comment se procure-t-on de l'eau chimiquement pure ? — **7.** Qu'appelle-t-on eau minérale ? — Citez quelques eaux minérales. — **8.** Enumérez les principaux usages de l'eau.

CHAPITRE XXIV

AZOTE — AIR — ACIDE AZOTIQUE — AMMONIAC

AZOTE

1. Propriétés. — **L'azote** est un gaz incolore, inodore et sans saveur; il est plus léger que l'air et peu soluble dans l'eau. L'azote n'est *pas combustible* et il *n'entretient pas les combustions ;* une bougie plongée dans une éprouvette contenant de l'azote s'éteint sans avoir enflammé le gaz. Un animal meurt asphyxié s'il séjourne dans l'azote.

2. État naturel. — L'azote existe dans l'air à l'état de mélange, en quantité telle qu'il en forme les 4/5 ; 5 litres d'air sont, en effet, formés de 4 litres d'azote et de 1 litre d'oxygène. L'azote a pour rôle de tempérer l'action de l'oxygène dans la respiration et dans les combustions; l'oxygène pur serait trop actif.

3. Préparation. — On retire l'azote de l'air ; et pou en avoir en assez grande quantité, on procède ainsi : sur un large bouchon de liège (fig. 447) qui flotte sur une cuve contenant de l'eau, on met une coupelle de terre contenant un morceau de phosphore enflammé ; puis on recouvre le tout d'une cloche. Le phosphore brûle aux dépens de l'oxygène de l'air contenu dans la cloche pour former de l'acide phosphorique en abondantes fumées blanches, qui se dissout dans l'eau.

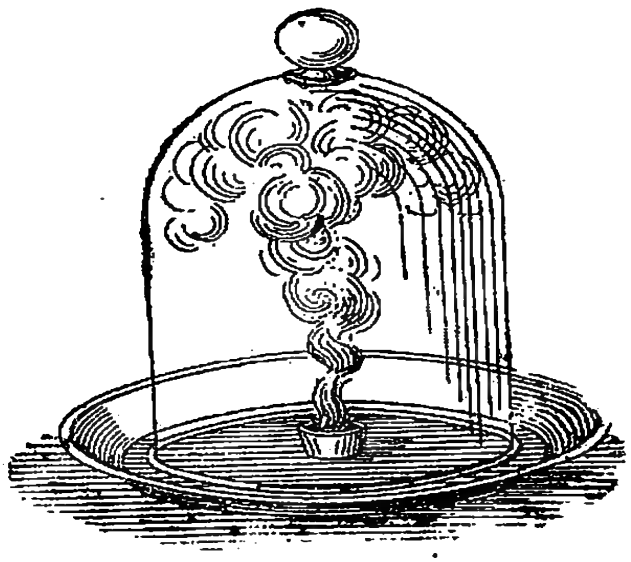


Fig. 447. — Extraction de l'azote de l'air.

Peu à peu, l'atmosphère de la cloche s'éclaircit et il ne reste bientôt plus dans la cloche que de l'azote. Après refroidissement, on voit que l'eau est montée dans la cloche pour combler le vide d'oxygène qui s'y est fait ; et si la cloche était graduée, on verrait que l'eau occupe maintenant le 1/5 de la cloche, ce qui montre qu'il a disparu de l'air 1/5 de son volume qui était de l'oxygène.

4. Usages. — L'azote n'a pas d'application directe; il est surtout utile par ses composés : l'acide azotique, l'ammoniaque et les azotes. Il forme l'élément important des tissus vivants ; aussi, les aliments ainsi que les engrais azotés sont-ils justement appréciés.

AIR

5. Propriétés. — L'**air** est un gaz incolore sous un petit volume et bleu sous une grande épaisseur, lorsque sa profondeur n'est pas arrêtée par des nuages.

L'air est un mélange des gaz azote et oxygène dans les proportions de 4 litres d'azote pour 1 litre d'oxygène ; nous venons de le constater, lorsque nous avons préparé de l'azote en brûlant dans l'air du phosphore.

6. État naturel. — 1. L'air de l'atmosphère, outre son oxygène et son azote constitutifs, renferme de la *vapeur d'eau* qui provient de l'évaporation des eaux de la mer et des rivières et qui se réunit en nuages; il contient du *gaz carbonique* provenant des respirations animales et végétales et des combustions des charbons. La vapeur d'eau contenue dans l'air se condense sous la forme de buée sur les parois extérieurs d'une carafe remplie d'eau froide. Il renferme en outre une grande quantité de poussières et de germes de tous genres, entre autres des *ferments* et des *microbes*, qui causent ou des putréfactions, ou des maladies. On trouve également dans l'air, en très petite quantité, des gaz divers : *ammoniaque, acide sulfurique, ozone* (c'est-à-dire oxygène modifié).

2. On se rend compte de la présence du gaz carbonique dans l'air en déposant dans une soucoupe de l'*eau de chaux;* on voit bientôt cette eau se couvrir d'une croûte de carbonate de chaux, c'est la caractéristique du gaz carbonique.

7. Usages de l'air. — 1. L'air joue un rôle absolument indispensable dans la vie des êtres ; l'homme seul en introduit par jour 10 mètres cubes dans ses poumons ; aucun animal ne peut prolonger sa vie sans air. C'est l'air qui, grâce à l'oxygène qu'il contient, produit la *combustion* du carbone et de l'hydrogène du sang, de laquelle résulte la *chaleur animale.*

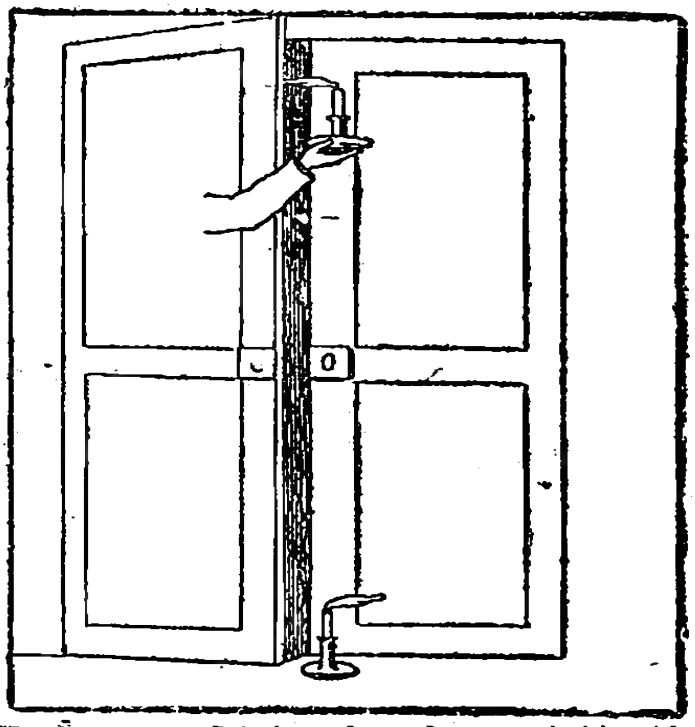


Fig. 448. — L'air chaud ou vicié s'échappe par en haut, l'air froid qui le remplace étant plus dense arrive par le bas.

2. Comme dans toute combustion de carbone, du *gaz carbonique* se forme, qui est rejeté dans le mouvement de l'expiration. On constate la présence, en grande quantité, du gaz carbonique dans l'air expiré en soufflant dans de l'*eau de chaux* (eau qui a dissous de la chaux) ; cette eau, d'abord limpide, se trouble par la formation de carbonate de chaux. *La respiration est donc une véritable combustion.*

3. Il est nécessaire de renouveler l'air de toute salle dans laquelle un grand nombre de personnes se trouvent réunies, car, au bout d'un certain temps, l'air s'y trouve vicié par la quantité trop grande de gaz carbonique rejeté par la respiration.

4. L'air est également indispensable à la vie des végétaux : pour germer, la graine a besoin d'air comme le fruit vert en a aussi besoin pour mûrir.

5. Nous venons de voir que l'air agit, en somme, grâce à son oxygène, mais s'il agit d'une façon moins violente que l'oxygène pur, c'est grâce à la présence de l'azote qui tempère son action ; sans azote nous brûlerions trop vite et nos organes s'useraient trop rapidement.

L'AIR LIQUIDE. — L'air peut être liquéfié sous l'influence d'une grande pression et d'un froid intense. C'est une puissante source de froid ; c'est aussi, par la grande quantité d'oxygène qu'il peut fournir, une richesse précieuse pour l'industrie.

ACIDE AZOTIQUE

8. PROPRIÉTÉS. — 1, L'**acide azotique** ou *nitrique* est un liquide, connu dans le commerce sous le nom d'**eau-forte**, formé de la combinaison de l'azote avec l'oxygène.

2. Cet acide très énergique doit être manié avec de grandes précautions ; lorsqu'il est concentré, il détruit les matières animales ; mais étendu d'eau, il les colore en jaune. Il attaque presque tous les métaux en produisant des vapeurs rouges qu'il est mauvais de respirer.

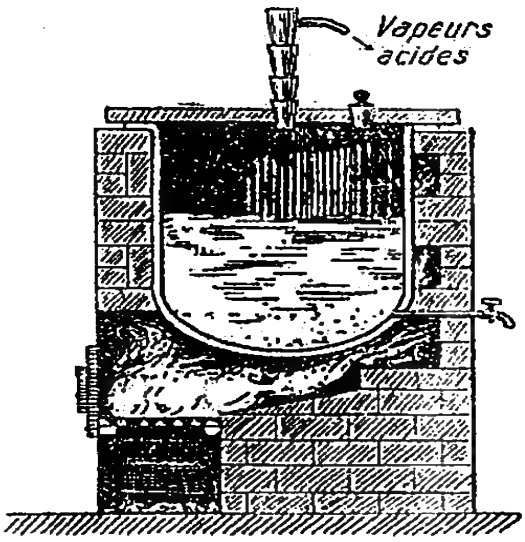


FIG. 449. — Chaudière pour la préparation de l'acide azotique.

L'acide azotique est surtout connu par ses composés : l'*azotate de calcium* qui se forme dans les murs humides, l'*azotate de sodium* qu'on rencontre en bancs épais au Pérou et l'*azotate de potassium* qui se trouve à la surface du sol dans les pays chauds.

Dans l'industrie, on retire l'acide azotique de l'azotate de sodium que l'on traite dans des chaudières en fonte avec de l'acide sulfurique. Les vapeurs d'acide azotique

qui se dégagent sont reçues dans des bonbonnes contenant de l'eau froide dans laquelle elles se dissolvent.

9. Usages. — 1. Parce qu'il attaque les métaux, on l'emploie pour la *gravure sur cuivre*. Si l'on veut graver une plaque de cuivre, on commence par la couvrir d'une mince couche de cire fondue; puis avec un poinçon on dessine sur la plaque, de façon à mettre à nu le cuivre aux seuls endroits où le poinçon passe. On fait enfin un léger rebord de cire autour de la plaque, et dans l'espèce de cuvette ainsi formée on verse de l'eau-forte qui ronge le cuivre aux seuls endroits mis à nu par le poinçon (fig. 450). On enlève l'acide azotique, on fond la cire et l'on a une plaque présentant en creux les traits que le poinçon avait dessinés à la surface du cuivre.

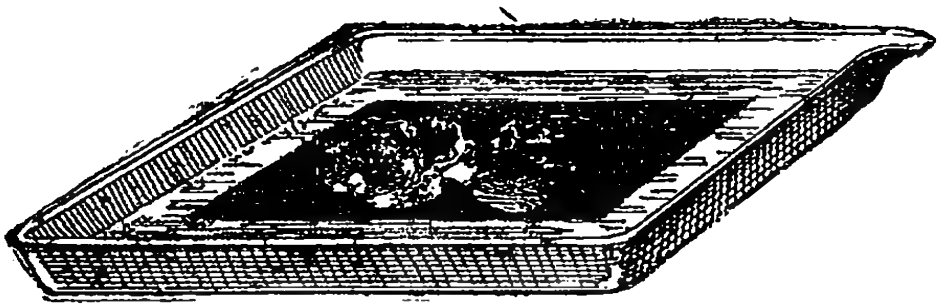


Fig. 450. — Gravure sur cuivre.

2. Avec ces plaques on fait des gravures appelées *eaux-fortes*

AMMONIAC

10. Propriétés. — L'**ammoniac** est un gaz provenant de la combinaison de l'azote avec l'hydrogène. Il a une odeur très vive qui provoque les larmes. L'eau dissout plus de mille fois son volume de gaz ammoniac.

11. État naturel. — Ce gaz se produit dans la putréfaction des matières organiques azotées, fumiers, vidanges.

12. Usages. — Dissous dans l'eau, il constitue l'*ammoniaque*. L'ammoniaque sert à cautériser les piqûres de guêpes, les morsures de vipères; les vétérinaires l'emploient pour guérir le gonflement du ventre, souvent mortel, des animaux qui ont mangé trop d'herbe fraîche.

Elle est employée au dégraissage des étoffes.

Dans l'industrie, on utilise le froid produit par l'évaporisation de l'ammoniac pour obtenir de la glace.

RÉSUMÉ

1. Azote. — L'azote n'est pas combustible; il n'entretient pas les combustions, ni la vie.

2. État naturel. — L'azote forme les 4/5 du volume de l'air.

3. Préparation. — On le retire de l'air, en brûlant du phosphore sous une cloche reposant sur la cuve à eau.

4. Usages. — L'azote constitue une grande partie des substances animales et végétales.

5. Air. — L'air est un mélange de 4/5 *d'azote et* 1/5 *d'oxygène.*

6. État naturel. — L'atmosphère renferme en outre de la *vapeur d'eau,* du *gaz carbonique*, des *poussières* et des germes de tous genres.

7. Rôle de l'air. — L'air est indispensable à la vie des animaux et des plantes ; il produit chez les animaux la chaleur animale.

La respiration est une combustion qui dégage de l'acide carbonique, c'est pourquoi il est nécessaire de renouveler l'air de la classe.

Dans l'air, l'action trop oxydante de l'oxygène est tempérée par l'azote.

L'air liquide. — L'air liquide est une source de froid; il fournit en abondance, à l'industrie, de l'oxygène.

8. Acide azotique. — L'acide azotique, ou *eau-forte*, concentré, détruit les matières animales ; étendu d'eau, il les colore en jaune.

L'acide azotique est surtout connu par ses composés. On le retire des azotates, notamment de l'azotate de sodium.

9. Usages. — Il attaque les métaux ; on utilise cette propriété pour graver sur cuivre.

10-11. Ammoniac. — L'ammoniac a une odeur très vive qui provoque les larmes ; il se produit dans les putréfactions.

12. Usages. — Dissous dans l'eau, il donne l'*ammoniaque*, qui cautérise, qui dégraisse les étoffes.

EXPÉRIENCES A FAIRE

1. Constater que l'air contient de l'acide carbonique, à l'aide de l'eau de chaux.

2. Souffler avec un tube de verre dans de l'eau de chaux pour montrer que l'air expiré renferme de l'acide carbonique.
3. Colorer une plume d'oiseau en jaune en la plongeant dans de l'acide azotique très étendu d'eau.
4. Au fond d'un vase, placer un copeau de fer et verser dessus de l'acide azotique pour voir se former des vapeurs rouges qu'il faut éviter de respirer.
5. Enlever une tache de graisse sur une étoffe avec de l'ammoniaque.

Questionnaire.

1. Quelles sont les propriétés de l'azote ? — **2.** Où trouve-t-on l'azote à l'état naturel ? — **3.** Comment le retire-t-on de l'air ? — **4.** A quoi servent les substances azotées ? — **5.** Indiquez les propriétés de l'air et sa composition. — **6.** Que trouve-t-on dans l'air à l'état naturel ? — Comment prouve-t-on la présence du gaz carbonique dans l'air ? — 2. Outre le gaz carbonique et la vapeur d'eau, que renferme l'air ? — **7**-1. Quel est le rôle de l'air dans la vie des animaux ? — 2. Prouvez que l'air expiré contient de l'acide carbonique. — 3. Pourquoi faut-il renouveler l'air des appartements ? — 4. L'air est-il nécessaire aux plantes ? — 5. Quel rôle joue l'azote dans l'air ? L'air liquide peut-il se liquéfier ? Quels sont les usages de l'air liquide ? — **8**-1. Quel est le nom commercial de l'acide azotique ? — 2 Indiquez les propriétés de cet acide ; par quoi le connaît-on surtout ? De quoi le retire-t-on ? — **9**-1. Comment l'emploie-t-on pour la gravure ? — 2. Quel nom portent les gravures ainsi obtenues ? — **10.** Énumérez les propriétés de l'ammoniac. — **11.** Où trouve-t-on l'ammoniac à l'état naturel ? — **12.** A quoi sert l'ammoniaque ?

Rédaction : L'air, sa composition, son rôle dans la respiration des êtres vivants, animaux et végétaux. Indiquer les précautions à prendre pour maintenir dans les maisons une atmosphère saine à respirer

CHAPITRE XXV

CARBONE — ACIDE CARBONIQUE

1. **Carbone. Charbons.** — Les charbons, sous des aspects très divers, sont tous formés d'un même corps simple, le *carbone ;* ils possèdent la propriété *de produire, en brûlant, de l'acide carbonique.*

2. Division des charbons. — Les charbons sont divisés en deux groupes : **les charbons naturels, les charbons artificiels,** selon qu'on les trouve tout formés dans la nature ou que l'industrie les produit.

2. Les *charbons naturels* sont, dans leur ordre de pureté : le *diamant*, le *graphite*, la *houille*, la *tourbe.*

3. Les *charbons artificiels* sont : le *coke*, le *charbon des cornues*, le *charbon de bois*, le *noir de fumée*, le *noir animal*

3. **Charbons naturels.** Diamants. — Le diamant est du carbone pur; c'est la substance la plus dure que l'on connaisse, c'est avec lui qu'on coupe le verre, qu'on creuse des trous dans le granit pour en faire sauter les blocs, afin de livrer passage soit à des routes, soit à des chemins de fer.

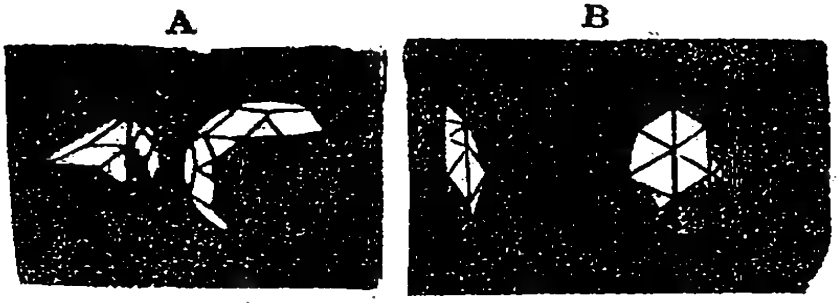


Fig. 451.
A, diamant taillé en brillant.
B, diamant taillé en rose.

A cause des feux que la lumière y produit par sa réflexion, après qu'il a été taillé, il est recherché en *bijouterie* (fig. 451).

4 Graphite ou mine de plomb. — Le graphite, ou **pombagine** ou *mine de plomb*, est gris de plomb (mais

ne contient pas de plomb) ; frotté sur le papier, il y laisse une trace semblable à celle qu'y laisserait le plomb. C'est pour cela qu'il est employé à la fabrication des crayons ; mêlé à l'eau, il sert à faire briller les poêles de fonte, les tuyaux de tôle, etc.

5. Houille. — 1. La houille ou **charbon de terre** est le plus utile de tous les charbons ; c'est elle qui chauffe le foyer des usines, qui anime les locomotives, qui alimente le fourneau de la cuisine.

2. On l'extrait de la terre en y creusant des galeries fig. 452) ; elle est formée par la décomposition des végé

Fig. 452. — Extraction de la houille.

taux qui croissaient sur la terre aux époques géologiques.

On la trouve en grande quantité en Amérique, en Angleterre, en Belgique, dans le nord et dans le centre de la France.

3. De la houille on extrait par distillation : du gaz d'éclairage, du coke, du goudron, du phénol, des couleurs, etc., et même du sucre.

Les poussières de charbon de terre, agglomérées avec du goudron et très fortement pressées, servent à faire des *briquettes*, qui forment un excellent combustible.

L'*anthracite* ressemble à la houille ; il s'enflamme plus difficilement, mais il a une combustion plus régulière et produit, en brûlant, une très forte chaleur.

6. Lignite. Tourbe. — La lignite et la tourbe se retirent des endroits marécageux ; elles résultent de la décomposition des végétaux qui croissent dans les marais. Ce sont de médiocres combustibles. Une espèce de lignite, le *jais*, sert à faire des parures de deuil.

7. **Charbons artificiels.** Coke. — Le coke est le résidu de la calcination du charbon de terre en vase clos.

8. Charbon des cornues. — C'est un charbon qui s'est incrusté sur la paroi des cornues, dans lesquelles on distille la houille pour la fabrication du gaz d'éclairage ; on l'emploie comme conducteur dans la pile de Bunsen.

9. Charbon de bois. — 1. Le charbon de bois est

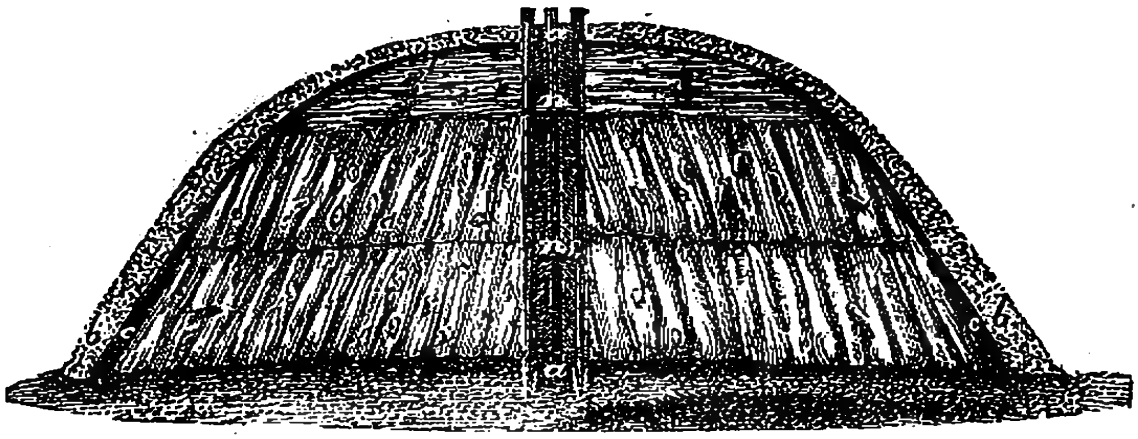


Fig. 453. — Préparation du charbon de bois, coupe d'une meule.

obtenu par la combustion incomplète du bois ; on le fabrique dans les forêts. On entasse des rondins de bois qu'on recouvre de terre, de mottes de gazon, etc. (fig. 453). Puis, par une cheminée centrale qu'on a laissée libre, on y met le feu. Comme l'air n'y pénètre pas à profusion, le bois ne brûle pas complètement, il ne laisse guère échapper que son eau, il noircit.

2. On utilise le charbon de bois dans les fourneaux de cuisine. Comme il a la propriété d'absorber les gaz, on l'emploie dans les filtres pour purifier l'eau.

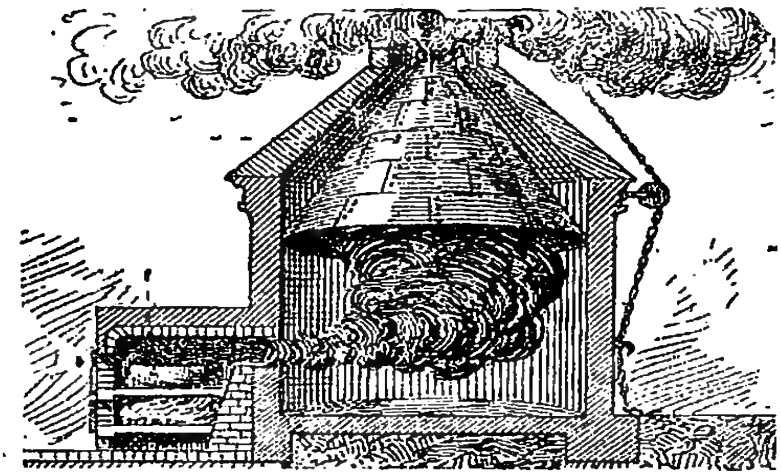


Fig. 454. — Fabrication du noir de fumée

10. Noir de fumée. — C'est le noir de fumée qui rend si noires les fumées qui se dégagent dans la combustion des matières résineuses; c'est lui qui forme la *suie* de nos cheminées.

On le produit, dans l'industrie, en brûlant des résines ou du goudron et en recueillant la fumée dans des chambres où le noir de fumée se dépose (fig. 454).

Avec le noir de fumée on fait le *noir pour la peinture*, *l'encre de Chine*, *l'encre d'imprimerie*, *le cirage*.

11. Noir animal. — Le noir animal s'obtient en calcinant les os des animaux en vases clos. Il possède la propriété de décolorer : du vin rouge, passant sur une couche de noir animal, filtré incolore (fig. 455). L'industrie l'emploie pour la décoloration du jus sucré de la betterave.

Fig. 455. — Décoloration par le noir animal.

GAZ CARBONIQUE OU ACIDE CARBONIQUE

12. Propriétés. — 1. Le gaz **carbonique**, appelé parfois *acide carbonique*, est une combinaison du carbone avec l'oxygène.

2. C'est un gaz incolore qui a une saveur légèrement aigrelette et agréable, lorsqu'il est dissous dans l'eau.

C'est un gaz plus lourd que l'air.

Le gaz carbonique n'est *pas combustible* et il *n'entretient pas la combustion.*

3. Pour vérifier à la fois qu'il est *plus lourd que l'air* et qu'il n'entretient pas la combustion, on place une bougie allumée au fond d'une éprouvette à pied (fig. 456) puis on verse dedans, comme on le ferait si c'était de l'eau, le gaz carbonique contenu dans une éprouvette ; la bougie s'éteint dès qu'elle est baignée par le gaz carbonique.

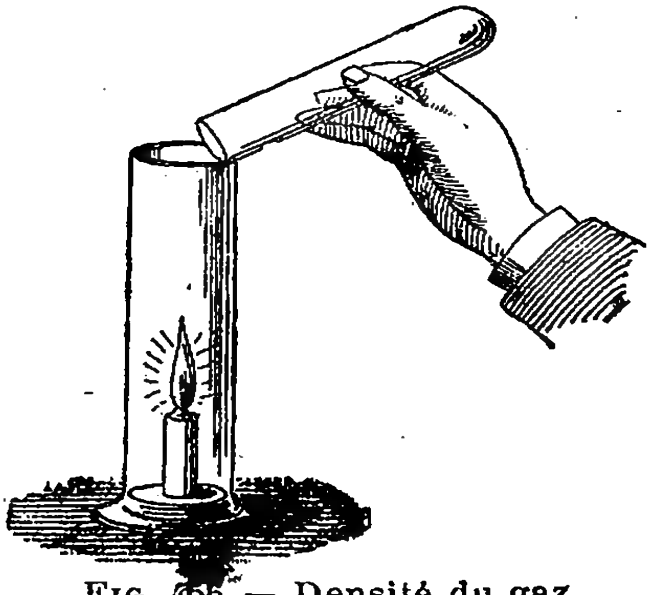


Fig. 456. — Densité du gaz carbonique.

Puisqu'il n'entretient pas la combustion, le gaz carbonique *n'entretient pas non plus la respiration.*

13. État naturel. — 1. Le gaz carbonique se rencontre dans l'air parce que c'est un des produits de l'expiration, nous l'avons constaté.

Il se dégage en outre toutes les fois que se produisent des fermentations, dans la fabrication du vin, du cidre, de la bière.

Il se dégage du sol, en certains endroits, pour former une couche plus ou moins épaisse, si le dégagement a lieu dans un endroit creux.

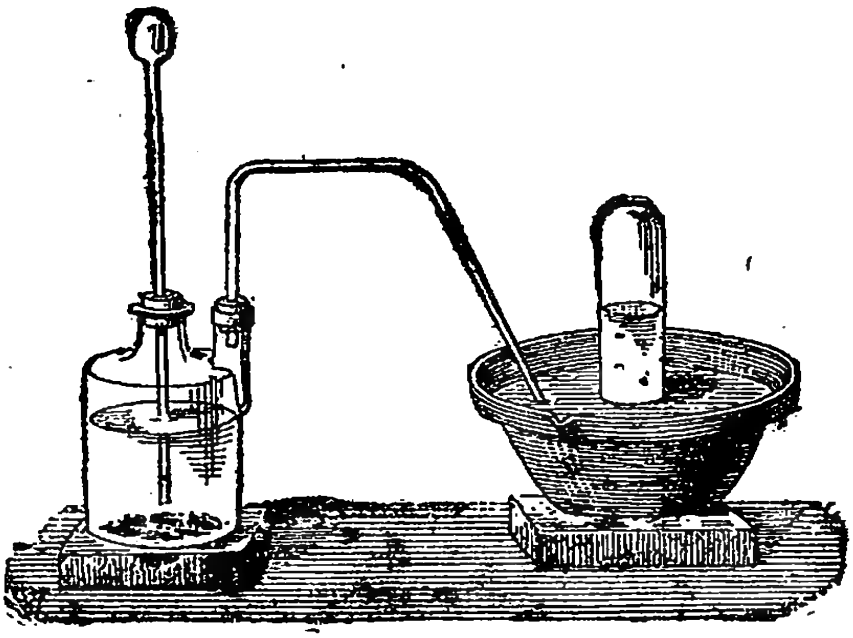


Fig. 457. — Préparation du gaz carbonique.

Il existe encore à l'état de *dissolution* dans les eaux gazeuses : eau de Seltz naturelle, eau de Saint-Galmier.

2. Malgré ces apports constants de gaz carbonique, sa quantité n'augmente pas dans l'atmosphère, à cause de l'action purifiante des végétaux. En effet, sous l'action de rayons solaires, la partie verte des végétaux décompose le gaz carbonique en carbone, qu'elle absorbe, et en oxygène, qu'elle restitue à l'air.

L'eau de pluie agit également pour en retirer de l'atmosphère, par dissolution.

14. Préparation. — Pour préparer du gaz carbonique, on décompose un sel qui le contient en grande quantité, le carbonate de chaux (craie), par l'acide chlorhydrique, dans un flacon tout semblable à celui qui nous a servi à préparer l'hydrogène. On met de la craie dans le flacon à moitié rempli d'eau et par le tube central on fait pénétrer avec précaution de l'acide chlorhydrique Une vive effervescence se produit, le gaz carbonique se dégage par le tube recourbé, on le recueille dans une éprouvette sur la cuve à eau (fig. 457).

Fig' 458. — Siphon d'eau de Seltz.

15. Usages du gaz carbonique. — Le gaz carbonique est l'élément essentiel de la *nutrition des plantes*. On l'utilise pour la fabrication du *blanc de céruse*, ou bicarbonate de sodium ; on l'emploie également dans l'industrie du *sucre*, dans la fabrication des *eaux gazeuses artificielles*. L'eau de Seltz artificielle est livrée à la consommation dans des *siphons;* on appuie sur un petit levier qui fait lever une soupape et la pression du gaz fait jaillir l'eau (fig. 458).

RÉSUMÉ

1. Carbone. Charbons. — Tout carbone en brûlant *dégage de l'acide carbonique.*

2. Division des charbons. — Les charbons se divisent en

deux groupes : les charbons *naturels* et les charbons *artificiels*.

3-7. Charbons naturels. — Les **charbons naturels** sont : le *diamant*, le *graphite*, la *houille*, l'anthracite, la lignite, la *tourbe*.

Le *diamant* est du carbone pur, c'est le plus dur de tous les corps ; le *graphite* sert à faire des crayons; la *houille* sert de combustible; la *tourbe* est extraite des marais.

7-11. Charbons artificiels. — Les **charbons artificiels** sont : le *coke*, le *charbon de cornues*, le charbon de bois, le *noir de fumée*, le *noir animal*.

Le *coke* et le *charbon de cornues* sont des résidus de la houille après sa distillation; le *noir de fumée* sert à faire l'encre de Chine, l'encre d'imprimerie ; le *noir animal* est un décolorant.

12. Gaz carbonique. — Le gaz carbonique n'est ni *combustible*, ni *comburant*.

13. État naturel. — Il se dégage dans les *respirations*, les *fermentations*, *du sol* en certains endroits.

Ce sont les végétaux qui purifient l'air de son gaz carbonique.

14. Préparation. — On le prépare en décomposant le carbonate de chaux par l'acide chlorhydrique.

15. Usages. — Le gaz carbonique joue un rôle important dans la nutrition des plantes ; on l'emploie pour la fabrication du *blanc de céruse*, du *sucre*, des *eaux gazeuses*.

EXPÉRIENCES A FAIRE

1. Réunir les charbons naturels communs.
2. Réunir les charbons artificiels.
3. Faire un filtre à charbon de bois avec un pot à fleurs.
4. Souffler dans de l'eau de chaux : elle blanchira.
5. Verser du fort vinaigre sur de la craie et constater le dégagement de bulles de gaz carbonique.

Questionnaire.

1. De quoi sont formés les charbons et quelle est leur propriété commune ? — **2-1.** Comment divise-t-on les charbons ? — **2.** Citez les charbons naturels. — **3.** les charbons artificiels. — **3.** Quels sont les propriétés et les usages du diamant ? — **4.** du graphite ? — **5-1.** A quoi sert la houille ? — **2.** Où la trouve-t-on ? — **3.** Quels

produits retire-t-on de la houille ? — **6.** Que savez-vous de la tourbe ? — **7.** du coke ? — **8.** du charbon de cornues ? — **9-1.** Comment obtient-on le charbon de bois ? — 2. A quoi sert-il ? — **10.** A quoi sert le noir de fumée ? — **11.** Dites ce que vous savez du noir animal. — **12-1.** Qu'est-ce que le gaz carbonique ? — 2. Quelles sont ses propriétés ? — 3. Comment prouve-t-on que le gaz carbonique est plus lourd que l'air et n'entretient pas la combustion ? — **13-1.** Où trouve-t-on le gaz carbonique à l'état naturel ? — 2. Pourquoi la dose du gaz carbonique n'augmente-t-elle pas dans l'air ? — **14.** Comment prépare-t-on le gaz carbonique ? — **15.** Citez les usages du gaz carbonique.

Rédaction : 1° Décrire une mine de houille ; montrer les ressources précieuses apportées par la houille dans l'industrie et pour le chauffage. Indiquer, en dehors du chauffage proprement dit, les principales applications de la houille. — 2° Indiquer comment on fabrique le charbon de bois ; en indiquer les diverses propriétés et les usages.

CHAPITRE XXVI

OXYDE DE CARBONE
GAZ DES MARAIS — GAZ D'ÉCLAIRAGE

1. Propriétés — 1. L'**oxyde de carbone** est aussi une combinaison du carbone avec l'oxygène, mais contenant moins d'oxygène que le gaz carbonique. Il se produit quand du charbon brûle en présence d'une quantité insuffisante d'air, ou quand du gaz carbonique est en présence du charbon incandescent.

2. C'est un gaz *qui brûle avec une flamme bleue. C'est un poison très violent :* 1 litre de ce gaz dans 100 litres d'air suffit pour empoisonner un homme qui respire le mélange ; il est incolore, inodore, très peu soluble dans l'eau ; moins lourd que l'air.

3. Afin d'éviter l'empoisonnement par ce gaz, il faut éviter d'allumer un fourneau au milieu de l'appartement, de laisser fermée la clef d'un poêle, de se servir de poêles sans tuyaux et même de chaufferettes. C'est lui qui se produit surtout dans les poêles dits à combustion lente, parce que le charbon y est abondant et qu'on restreint l'arrivée de l'air ; aussi faut-il avoir grand soin de fermer absolument leur couvercle, de laisser leur clef ouverte, de s'assurer que le tuyau de fumée s'engage bien dans la cheminée sans communication possible avec l'appartement. On peut, au commencement de l'asphyxie, combattre les mauvais effets de l'oxyde de carbone en exposant le malade au grand air et en lui faisant respirer de l'oxygène pur.

GAZ DES MARAIS

2. Propriétés. — Si l'on agite la vase des marais

avec un bâton (fig. 459), on voit se dégager des bulles d'un gaz formé de carbone et d'hydrogène, qui s'enflamme à l'approche d'une bougie allumée : c'est le *formène* ou *gaz des marais*.

Un mélange de **gaz des marais** et d'air produit une explosion lorsqu'on l'enflamme.

3. ÉTAT NATUREL. — 1. On rencontre ce gaz ailleurs que dans la vase des marais, il s'échappe du sol en certains endroits et, une fois allumé, il ne s'éteint pas : telle est l'origine des *feux perpétuels* qu'on signale sur les côtes de l'Asie Mineure. On en trouve des sources en France, dans le département de l'Isère.

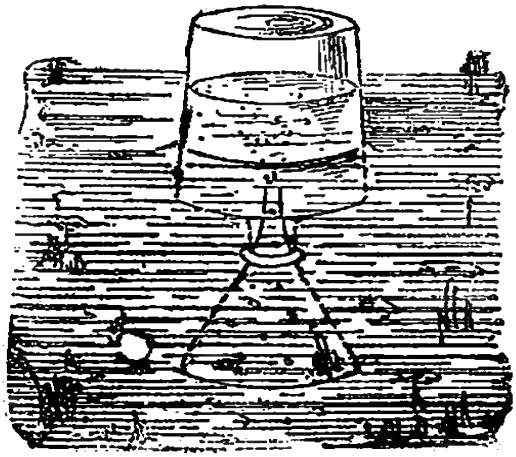


FIG. 459.— Manière de recueillir le gaz des marais.

2. C'est lui qui se dégage dans certaines mines de houille et qui, enflammé, produit les terribles explosions connues sous le nom de *feu grisou*. Pour diminuer les chances d'inflammation de ce gaz, les mineurs sont munis de la lampe des mineurs dont nous avons parlé.

GAZ D'ÉCLAIRAGE

4. PROPRIÉTÉS. — Un proche parent du gaz des marais, que nous savons domestiquer en le conduisant dans des tuyaux, c'est le **gaz d'éclairage**. On le retire des gaz qui s'échappent de la houille chauffée en vases clos. Il a les mêmes propriétés et les mêmes inconvénients que le gaz des marais, aussi a-t-on soin de ne jamais laisser ouverts les robinets à gaz, afin d'éviter les explosions qui se produiraient certainement par le mélange de ce gaz avec l'air de la pièce, si l'on venait à l'enflammer. Heureusement que son odeur désagréable et forte signale sa présence, lorsqu'il est ré-

pandu dans un espace fermé. Quand on soupçonne une fuite de gaz dans un local, il faut éviter d'y pénétrer avec une lumière avant d'avoir aéré largement.

La densité du gaz d'éclairage est 0,4.

5. Préparation. — Pour préparer le gaz d'éclairage, on enferme la houille dans de grands cylindres en poterie ou en fonte (fig. 460) que l'on chauffe au point

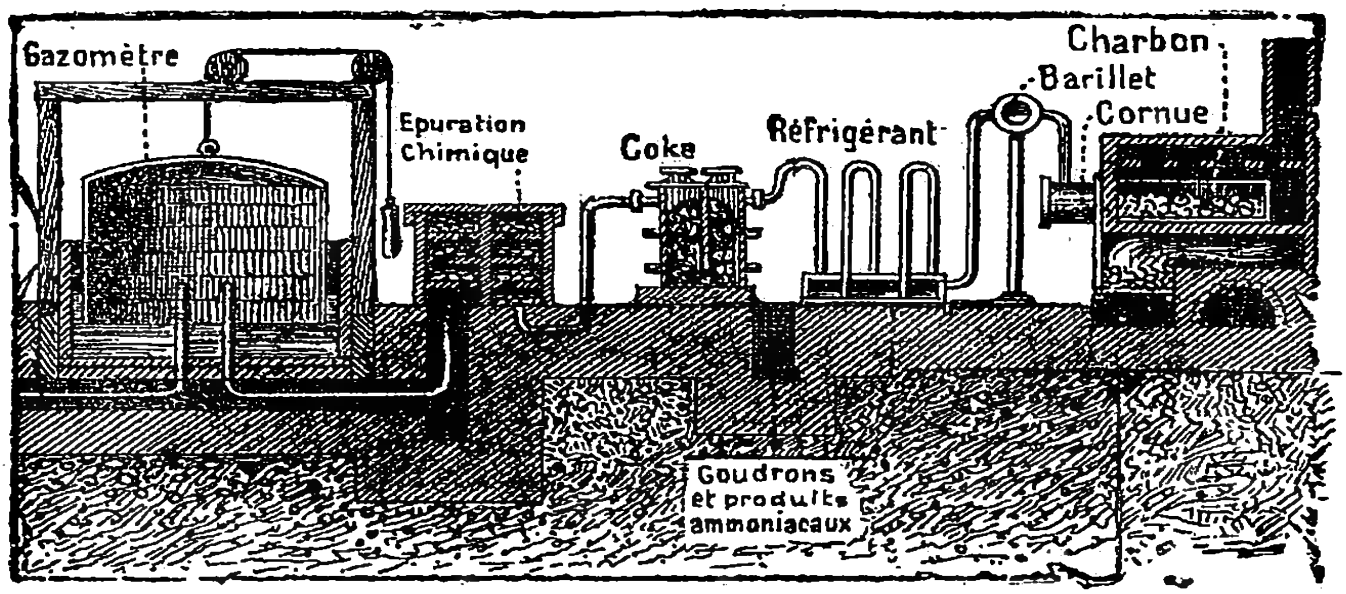


Fig. 460. — Fabrication du gaz d'éclairage. Coupe schématique des appareils d'une usine à gaz.

de les rougir. Sous l'influence de cette puissante chaleur, la houille se décompose et laisse échapper une grande quantité de gaz noircis par des goudrons, du noir de fumée, etc. On sépare ces matières solides du gaz entraîné, en obligeant celui-ci à passer dans de l'eau maintenue toujours froide, puis en le faisant filtrer à travers du coke. Enfin, à l'aide de produits chimiques différents, on isole ce gaz des gaz trop insalubres avec lesquels il se trouve mélangé et de ceux qui nuiraient à son pouvoir éclairant. Il est bien entendu que toutes ces opérations sont faites dans des appareils fermés hermétiquement et dans lesquels l'air ne peut pas pénétrer. Enfin le gaz, tout à fait épuré, est reçu dans une grande éprouvette nommée *gazomètre*.

6. Usages. — Le gaz d'éclairage, appelé encore *gaz*

de ville, sert de plus en plus pour le *chauffage* des appartements, pour les fourneaux de cuisine et aussi comme *force motrice*. On l'utilise encore pour le gonflement des ballons. Mais, comme son nom l'indique, il est surtout employé pour l'éclairage.

Il produit, en brûlant, une lumière assez vive, dont l'éclat et l'intensité sont augmentés par l'emploi des *becs Auer* et du *bec Bunsen*.

7. **Bec Auer.** — Dans les *becs Auer* ou *becs à incandescence*, la flamme est coiffée d'un *manchon* conique en tissu de coton imprégné d'*oxydes métalliques*. On brûle le coton ; il ne reste plus que les matières métalliques dont l'incandescence augmente l'intensité de la lumière. Il y a augmentation de lumière et diminution dans la consommation du gaz.

8. **Bec Bunsen.** — Dans le *bec Bunsen*, on mélange au gaz une quantité suffisante d'*air* pour rendre la combustion plus complète. Le charbon, en suspension dans la flamme, et dont l'incandescence augmente la puissance de la lumière, brûlant plus complètement, la lumière devient moins vive, mais la température croît considérablement. Une *virole* à l'ouverture de l'entrée de l'air permet d'activer ou de modérer l'arrivée de l'air, et par conséquent de rendre la flamme lumineuse ou chaude.

9. **Chalumeau à gaz.** — Si au lieu de mélanger de l'air au gaz, on y mélange de l'*oxygène*, la combustion devient plus complète encore et la température obtenue est capable de fondre les métaux les plus réfractaires.

10. **Moteurs à gaz.** — Le piston d'un moteur à gaz est repoussé violemment par l'explosion d'un mélange d'air et de gaz (Voir Physique).

11. **Pétrole** — Le pétrole est encore un composé de carbone et d'hydrogène. C'est un liquide qui résulte de la purification du *naphte*, matière huileuse qu'on trouve dans le sol, en lacs souterrains, en Russie et en Amérique. Il est d'un grand emploi pour l'éclairage de

nos appartements. Sa manipulation exige de grandes précautions.

12. Acétylène. — L'acétylène qui sert aujourd'hui à l'éclairage, est un carbure d'hydrogène. Ce gaz se produit dans toutes les combustions incomplètes; c'est lui que l'on sent lorsqu'une lampe file. Il est combustible et brûle avec une flamme très éclairante, si l'air arrive autour de la flamme en quantité suffisante.

L'acétylène se prépare en projetant dans l'eau du *carbure de calcium*, obtenu lui-même par la combinaison de la chaux et du charbon à une température excessivement élevée. On le conserve ensuite sous faible pression dans des gazomètres et on peut l'envoyer comme le gaz d'éclairage dans des canalisations. On peut aussi le liquéfier et le conserver dans des bidons résistants; dans ce cas, il se gazéifie lorsqu'on diminue la pression en ouvrant le robinet du bidon. Mais, en cet état, il paraît d'un emploi dangereux et a déjà causé de graves explosions.

RÉSUMÉ

1. Oxyde de carbone. — L'oxyde de carbone brûle bleu ; c'est un *poison violent*.

Il se produit quand le charbon brûle en présence de peu d'air.

2-3. Gaz des marais. — Le gaz des marais est un composé du carbone avec l'hydrogène ; il est combustible et détone, en mélange avec l'air.

On en trouve dans les mines de houille, où il forme le *grisou*.

4-10. Gaz d'éclairage. — Le gaz d'éclairage, composé de carbone et d'hydrogène, provient de la distillation de la houille en vase clos. Un mélange d'air et de gaz d'éclairage, enflammés, produit une explosion.

USAGES. — On l'emploie surtout pour l'*éclairage;* mais on l'utilise en outre et de plus en plus pour le *chauffage*, pour les fourneaux de cuisine et comme *force motrice*. On en gonfle les ballons.

Le *bec Auer* augmente l'intensité de la lumière. Le *bec*

Bunsen augmente au contraire la température de la flamme. Le *chalumeau à gaz* donne une flamme d'une haute température. Le mouvement, dans le *moteur à gaz*, est dû à une série d'explosions de mélange d'air et de gaz.

11. Pétrole. — Le pétrole, composé de carbone et d'hydrogène, sert à l'éclairage.

12. Acétylène. — L'acétylène, qui sert à l'éclairage, est un carbure d'hydrogène, que l'on obtient par la décomposition du carbure de calcium. Il brûle avec une flamme très brillante, lorsque l'air arrive autour de la flamme en quantité suffisante.

EXPÉRIENCES A FAIRE

1. Jeter quelques gouttes d'eau sur des charbons embrasés et observer la flamme bleue produite par la combustion de l'oxyde de carbone.
2. Agiter la vase d'un marais et enflammer les bulles qui sortent de l'eau.
3. Mettre des petits morceaux de charbon de terre dans le fourneau d'une pipe, boucher l'ouverture du fourneau avec de la terre glaise, chauffer le fourneau à la flamme du gaz. Le gaz qui s'échappera, à la partie de la pipe qu'on met ordinairement dans la bouche, sera du gaz d'éclairage, qu'on pourra allumer.

Questionnaire.

1-1. Qu'est-ce que l'oxyde de carbone et comment se produit-il ? — 2. Quelles sont ses propriétés ? — 3. Que doit-on faire pour éviter l'empoisonnement par l'oxyde de carbone ? — **2**. Qu'est-ce que le gaz des marais et quelles sont ses propriétés ? — **3**-1. Trouve-t-on ce gaz ailleurs que dans les marais ? — 2. Comment les mineurs se protègent-ils contre lui ? — **4**. Quelles sont les propriétés du gaz d'éclairage ? — **5**. Comment le prépare-t-on ? — **6**. A quoi sert-il ? — **7**. Qu'est-ce que le bec Auer ? — **8**. Le bec Bunsen ? — **9**. Le chalumeau à gaz ? — **10**. Qu'est-ce qui pousse le piston dans le moteur à gaz ? — **11**. Que savez-vous du pétrole ? — **12**. Qu'est-ce que l'acétylène et quand se produit-il ? — Que faut-il pour qu'il fournisse une lumière brillante ? — Comment l'obtient-on ? — Comment obtient-on le carbure de calcium ? — Sous quelle forme l'acétylène est-il employé ?

Rédaction : Le gaz d'éclairage ; sa fabrication, ses usages. Dangers auxquels il peut exposer. Précautions à prendre pour les éviter

CHAPITRE XXVII

PHOSPHORE — SOUFRE — CHLORE
LEURS ACIDES

PHOSPHORE

1. Propriétés. — Le **phosphore** est un solide assez mou, d'une couleur d'ambre, et d'une odeur qui rappelle l'ail. Il possède la propriété, réduit en petits morceaux, de *s'enflammer tout seul à l'air;* aussi ne doit-on jamais le toucher avec les doigts, excepté sous l'eau, car ses brûlures sont très dangereuses.

Le phosphore est en outre un *poison;* et, malgré la modification qu'on a fait subir au phosphore maintenant employé à la fabrication des allumettes, il faut se garder de les porter à la bouche et éviter de les laisser à la portée des petits enfants.

Exposé à l'air, il émet une lueur violette, qu'on nomme *phosphorescence*, provenant de la combinaison du phosphore avec l'oxygène de l'air; il fond à 44° et s'enflamme à 60°.

2. État naturel. — Le phosphore existe dans le cerveau, les nerfs, les laitances des poissons, etc., et surtout dans les os, à l'état de sel phosphate de chaux; les os calcinés, dont on l'extrait industriellement, en contiennent 83 p. 100.

3. Usages. — 1. Le phosphore est employé dans la fabrication des *allumettes*, dont il couvre le petit bout généralement coloré en rouge. Sa composition est légèrement modifiée, de façon qu'il ne s'enflamme pas tout seul, et on en forme une pâte avec de la colle forte, du sable fin, du salpêtre et de la matière colorante. Il ne s'enflamme alors qu'au frottement.

Les *allumettes ordinaires* sont en bois de peuplier ou de tremble ; l'une des extrémités est trempée dans un bain de *paraffine* qui a pour but de rendre le bois plus inflammable, puis dans du *soufre fondu;* enfin dans de la *pâte phosphorée.*

On fabrique aussi des allumettes dites au *phosphore rouge.* L'extrémité est enduite d'une pâte composée de *chlorate de potassium,* de *sulfure d'antimoine* et de *gélatine;* on frotte l'allumette contre un enduit formé de *phosphore rouge,* de *sulfure d'antimoine* et de *gélatine.* Ces dernières allumettes ont sur les autres l'avantage de ne pas s'enflammer par un simple frottement et de ne pas présenter les dangers d'un poison.

2. Le *phosphate de chaux,* duquel on extrait le phosphore, est aussi utilisé comme *engrais;* on le répand sous forme de poudre sur les champs. On en fait, d'autre part, en le traitant avec une certaine quantité d'acide sulfurique, un *superphosphate* soluble qui, mélangé avec le fumier, compose un excellent engrais pour les céréales.

SOUFRE

4. Propriétés. — Le **soufre** est un solide jaune citron, facilement combustible, et un mauvais conducteur de la chaleur et de l'électricité. Il est insoluble dans l'eau, mais il se dissout dans la benzine et le pétrole, et plus facilement encore dans le sulfate de carbone.

5. État naturel. — On le rencontre en abondance, mélangé à la terre, dans les contrées volcaniques, dans les solfatares de Pouzzoles, près de Naples et dans les soufrières de la Sicile. On le trouve surtout à l'état de sulfures (sulfure de plomb, sulfure de zinc) et de sulfate (gypse ou sulfate de calcium).

6. Préparation. — Pour le séparer de la terre, on le met dans des vases en terre qu'on chauffe ; le soufre passe en vapeur. Ces vapeurs sont dirigées dans un

espace refroidi où elles se condensent et tombent en neige jaune, qu'on appelle *fleur de soufre* (fig. 461).

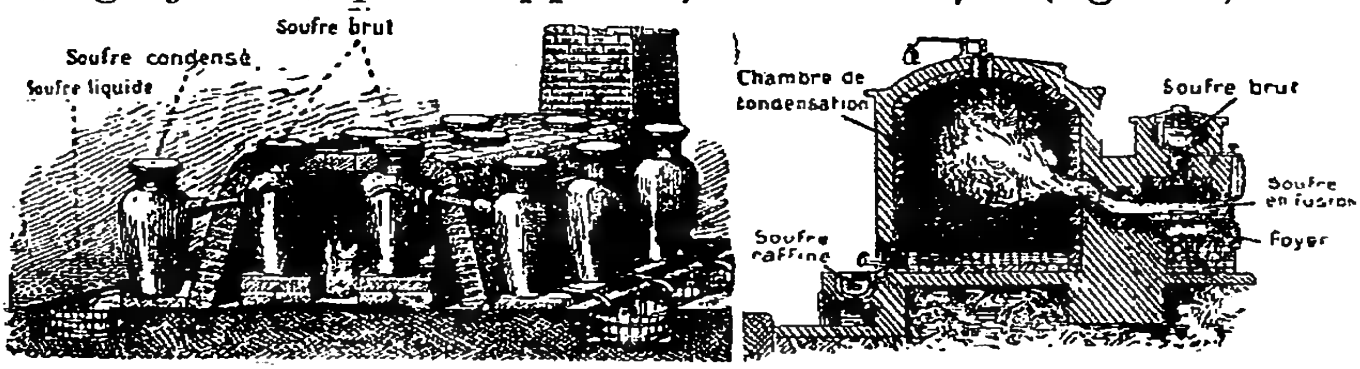


FIG. 461. — Extraction et raffinage du soufre.

7. USAGES. — Le soufre est employé à la fabrication des allumettes, de l'acide sulfureux, de l'acide sulfurique, de la poudre, au soufrage de la vigne. On s'en sert pour sceller le fer dans la pierre. La médecine l'utilise dans certaines maladies de la peau.

ACIDE SULFUREUX

8. PROPRIÉTÉS. — 1. Quand du soufre brûle à l'air, il dégage un gaz qui a une odeur très vive, celle qu'on ressent en respirant le gaz que dégage une allumette qui commence à brûler. C'est l'**acide sulfureux.**

9. USAGES. — 2. Le gaz sulfureux est incombustible, et il éteint les corps en combustion. Pour cette raison, on l'emploie pour l'extinction des feux de cheminée ; quand un feu s'y déclare, on projette du soufre dans le foyer, puis on ferme la trappe de la cheminée. Le soufre, en brûlant, dégage de l'acide sulfureux qui remplit le tuyau et éteint la suie qui brûlait.

FIG. 462. — L'acide sulfureux décolore la violette.

3. L'acide sulfureux *décolore* les substances animales et végétales; c'est lui qu'on emploie pour la décoloration de la laine, de la soie, de la paille, du chiendent, etc. Nous pouvons décolorer une violette en l'exposant

au-dessus d'une allumette pendant que brûle le soufre (fig. 462).

Les taches de vin, de fruit, de verdure peuvent être enlevées du linge en faisant brûler au-dessous de la tache, humectée d'eau, un peu de soufre.

4. On empêche le vin de fermenter et de tourner au vinaigre en brûlant une mèche soufrée dans le tonneau qui doit le contenir. C'est aussi un puissant antiseptique; on l'emploie pour désinfecter les literies, les salles d'hôpital, pour tuer les vermines dans les locaux qui en sont infectés.

ACIDE SULFURIQUE

10. Propriétés. — L'**acide sulfurique** est un liquide très acide ; il rougit encore le tournesol, lorsqu'il a été étendu de 1.000 fois son poids d'eau. Il faut le manier avec la plus grande précaution : il a une telle affinité pour l'eau qu'il dessèche instantanément les tissus organiques, aussi ses brûlures sont-elles terribles. C'est lui que, dans le commerce, on appelle *huile de vitriol*.

Il carbonise le bois et le papier en s'emparant de leur eau.

On le trouve surtout à l'état de sulfates (sulfate de calcium ou gypse).

C'est une combinaison du soufre avec l'oxygène, comme l'acide sulfureux, mais plus oxygénée que ce dernier.

11. Usages. — L'acide sulfurique est l'acide le plus employé; il n'y a guère d'industrie qui puisse s'en passer.

Il sert à préparer la plupart des acides, les superphosphates, les bougies, etc. Il est utilisé dans la plupart des piles et pour le chargement des accumulateurs.

ACIDE SULFHYDRIQUE

12. État naturel. — L'**acide sulfhydrique**, ou *gaz puant*, se dégage des matières organiques sulfurées en

décomposition : des *fosses d'aisances*, des *œufs pourris*, des *égouts*, etc. On le trouve dans les *eaux sulfureuses* d'Enghien, de Barèges; il donne à ces eaux une odeur caractéristique.

13. Propriétés. — C'est un gaz incolore, d'une odeur fétide rappelant celle des œufs pourris. C'est un poison violent, capable de tuer brusquement, s'il est respiré abondamment et tout d'un coup ; il détermine toujours un malaise réel et provoque le vertige. On traite les malades en leur faisant respirer de l'oxygène pur.

Une pièce d'argent légèrement humide, en contact avec l'acide sulfhydrique, noircit très-vivement.

14. Usages. — On emploie ce gaz pour tuer les petits animaux nuisibles : rats, guêpes, etc. On le prépare alors en brûlant de la fleur de soufre avec du suif.

CHLORE

15. Propriétés. — Le **chlore** est un gaz jaune verdâtre à odeur désagréable et qui provoque une toux douloureuse ; respiré en grande quantité, il produit des crachements de sang qu'on peut arrêter en buvant du lait ou en respirant de la vapeur d'eau. L'eau dissout deux fois son volume de chlore.

Le chlore *décolore* les substances organiques : le tournesol, le vin, l'encre ordinaire sont blanchis par l'*eau de chlore* (chlore en dissolution).

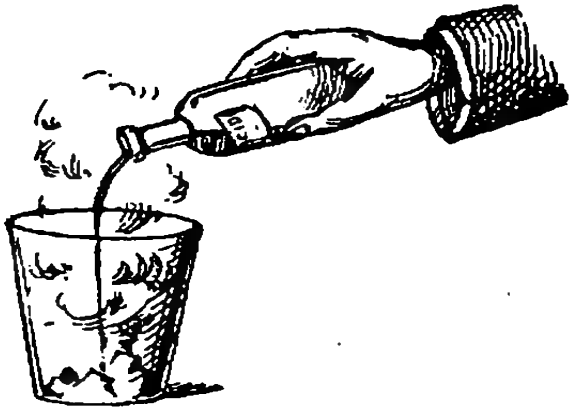


Fig. 463. — Préparation du chlore.

16. État naturel. — On ne rencontre pas le chlore à l'état libre dans la nature ; mais on le trouve en grande quantité à l'état de chlorures. Il y a en certains endroits de véritables carrières de *chlorure de sodium* ou *sel de cuisine;* l'*eau de mer* en contient en dissolution près de 30 grammes par litre;

elle renferme, en outre, des *chlorures de potassium* et de *magnésium*.

17. Préparation. — Pour en produire en petite quantité, on verse du vinaigre sur un peu de chlorure de chaux, acheté chez le droguiste et mis dans un verre . du gaz chlore se dégage, que l'on voit et qu'on sent (fig. 463).

18. Usages. — La propriété décolorante du chlore le fait employer au blanchiment des toiles et des chiffons, qui doivent servir à la fabrication du papier.

L'emploi du chlore à l'état de gaz serait incommode et dangereux; on utilise des chlorures de potassium, de sodium et de chaux, soit isolément, soit mélangés; ils doivent leurs propriétés décolorantes et désinfectantes au chlorure qu'ils dégagent.

Le *chlorure de chaux* est le plus maniable et le plus employé des chlorures. On s'en sert pour désinfecter les fosses d'aisances, les égouts, les corps organiques en décomposition; on l'utilise aussi pour le blanchiment du lin et du chanvre.

L'*eau de Javel* et la *liqueur de Labarraque* sont des composés de chlorure employés, en dissolution plus ou moins étendue, dans les diverses opérations du blanchissage du linge.

ACIDE CHLORHYDRIQUE

19. Propriétés. — L'**acide chlorhydrique** est un gaz provenant de la combinaison du chlore avec l'hydrogène. Il se dissout très facilement dans l'eau : un litre d'eau dissout 500 litres de ce gaz; aussi est-ce à l'état de dissolution qu'il est toujours employé.

C'est un acide très énergique, qui doit être manié avec beaucoup de précaution.

20 État naturel. — Les volcans dégagent une assez grande quantité d'acide chlorhydrique : on le trouve en dissolution dans les eaux qui descendent des montagnes volcaniques; le suc gastrique en contient de 2 à 3 p. 1.000; c'est ce qui explique la nécessité de saler les aliments.

21. Usages. — On l'emploie pour extraire la gélatine des os, pour préparer le chlore, l'hydrogène, le gaz carbonique, etc., pour faire *l'eau régale*, mélange d'acide chlorhydrique et d'acide azotique qui dissout l'or.

On l'utilise aussi pour décaper les métaux et laver les sables et les argiles dont on se sert en céramique.

RÉSUMÉ

1-3. Phosphore. — Le phosphore s'enflamme, seul, à l'air; il est *phosphorescent ;* on l'emploie à la fabrication des allumettes.

Le phosphore est un poison violent.

On l'extrait des os des animaux, qui sont surtout du *phosphate* de chaux.

Les allumettes. — Les allumettes ordinaires ont une de leurs extrémités trempée d'abord dans un bain de paraffine, puis de soufre, puis de phosphore. Les allumettes faites avec du phosphore rouge sont inoffensives; elles ne s'enflamment que quand on les frotte contre un enduit spécial.

Le phosphate de chaux est aussi utilisé comme engrais; on le transforme en superphosphate soluble également employé comme engrais.

4-7. Soufre. — On trouve le soufre mélangé aux terres qu avoisinent les volcans.

On l'emploie à la fabrication des allumettes, de l'acide sulfureux et sulfurique, au soufrage de la vigne, en médecine

8-9. Acide sulfureux. — **L'acide sulfureux** éteint les combustions. C'est un *décolorant.*

10-11. Acide sulfurique. — **L'acide sulfurique** est un acide des plus énergiques, très dangereux à manier parce qu'il est très avide d'eau. C'est l'acide le plus employé dans l'industrie.

12-14. Acide sulfhydrique. — On trouve l'acide sulfhydrique à l'état naturel dans les eaux sulfureuses; Il se dégage des matières organiques en décomposition. Il est incolore et a l'odeur des œufs pourris. On l'emploie pour détruire les les petits animaux : rats, guêpes.

15-18. Chlore. — Le chlore est mauvais à respirer.

Il *décolore* les substances organiques et sert au blanchiment.

C'est également un *désinfectant*. C'est surtout à l'état de *chlorure de chaux* qu'on l'emploie. Les composés du chlore les plus employés sont le *chlorure de chaux*, l'*eau de Javel* et la *liqueur de Labarraque*.

Le chlore se trouve à l'état de chlorures : chlorures de sodium, de potassium et de magnésium.

19-21. Acide chlorhydrique. — L'acide chlorhydrique est très énergique ; on l'emploie pour extraire la gélatine des os, pour faire le chlore, et l'eau régale. Les volcans dégagent de l'acide chlorhydrique, et le suc gastrique en contient de 2 à 3 millièmes.

EXPÉRIENCES A FAIRE

1. Observer la phosphorescence qui accompagne le frottement d'une allumette dans l'obscurité.
2. Brûler du soufre, mais ne pas respirer l'acide sulfureux qui se dégage.
3. Décolorer une fleur dans l'acide sulfureux.
4. Enlever une tache de vin sur du linge avec l'acide sulfureux.
5. Produire un peu de chlore en versant du fort vinaigre sur du chlorure de chaux ; ne pas le respirer.

Questionnaire.

1-1. A quoi sert le phosphore? — **2.** Est-il un poison? — **2.** Où le trouve-t-on à l'état naturel? — Comment sont faites les allumettes? — **3.** Quel est l'usage du phosphate de chaux? — **4.** Quelles sont les propriétés du soufre? — **5.** Où le trouve-t-on? — **6.** Comment l'obtient-on? — **7.** A quoi sert-il? — **8-1.** Qu'est-ce que l'acide sulfureux? — **9.** Comment agit-il dans les feux de cheminée? — Quel usage en font les teinturiers? — les vignerons? — **10.** Citez les propriétés de l'acide sulfurique. — Quel nom porte-t-il dans le commerce? — **11.** A quoi sert l'acide sulfurique? — **12.** Où rencontre-t-on l'acide sulfhydrique à l'état naturel? — **13.** Quelles en sont les propriétés? — **14.** Les usages? — **15.** Qu'est-ce que le chlore? — **16.** Où le trouve-t-on? — **17.** Comment l'obtient-on? — Quelles sont ses propriétés? — A quoi l'emploie-t-on? — Sous quelle forme emploie-t-on le chlore ordinairement? — **19.** Quelles sont les propriétés de l'acide chlorhydrique? — **20.** Où le trouve-t-on à l'état naturel? — **21** Quels sont ses usages?

RÉDACTION : Les allumettes, leurs usages, leurs dangers entre des mains imprudentes. Comment on les fabrique.

CHAPITRE XXVIII

MÉTAUX

1. Propriétés générales des métaux. — Tous les **métaux**, sauf le mercure, sont solides; ils possèdent, quand ils sont fraîchement coupés, un éclat particulier appelé *éclat métallique;* ils sont bons conducteurs de la chaleur et de l'électricité. A la température ordinaire, ils sont solides, excepté le mercure qui ne se solidifie qu'à 60° au-dessous de zéro; ils fondent à des températures très diverses, depuis le potassium qui fond à 40°. jusqu'au platine qui ne fond qu'entre 1.700° et 1.800° Tous les métaux sont durs et difficiles à rayer, excepté le potassium et le sodium qu'on raye aisément avec l'ongle. Nous rappelons qu'en combinaison avec l'oxygène ils forment des *bases* ou oxydes basiques.

2. Division des métaux. — 1. Pour faciliter l'étude des métaux, nous les diviserons en deux groupes : les métaux usuels et les métaux précieux.

2. Parmi les **métaux usuels** nous citerons : le *fer*, le *cuivre*, le *zinc*, l'*étain*, le *plomb*, l'*aluminium*.

3. Parmi les **métaux précieux** nous signalerons : le *mercure*, l'*argent*, l'*or*.

Le *calcium* et l'*aluminium* qui, par leurs composés, donnent la *chaux*, le *calcaire* et l'*argile* sont parfois appelés **métaux terreux**; de même on appelle **métaux alcalins** le *potassium* et le *sodium* qui forment la *potasse* et la *soude* (alcalis).

MÉTAUX USUELS

3. Propriétés générales. — Tous les **métaux usuels**

sont *malléables*, c'est-à-dire peuvent être réduits en feuilles plus ou moins minces sous l'action du *laminoir;* ils sont *ductiles*, c'est-à-dire facilement étirables en fils sous l'action de la *filière;* ils sont *tenaces*, c'est-à-dire capables de supporter des poids très lourds sans se rompre : ainsi un fil de fer de 1 millimètre carré de section peut supporter un poids de 62 kilogrammes.

Le *laminoir* (fig. 464) se compose de deux cylindres superposés et pouvant être rapprochés suivant l'épaisseur de la feuille de métal à obtenir; ils tournent en sens contraire. Les métaux sont laminés quelquefois à froid, presque toujours à chaud. On obtient ainsi des

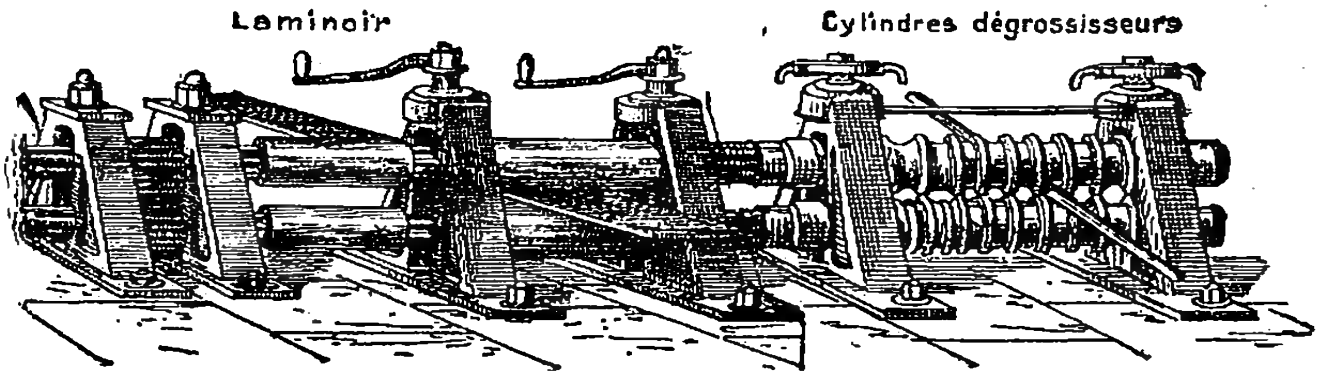


Fig. 464. — Laminoir.

feuilles très minces de fer (tôle), de zinc, de plomb, d'étain, etc. L'or et l'argent sont les métaux les plus malléables.

La *filière* se compose d'une plaque d'acier percée de trous de sections différentes. On fait passer successivement par des trous de moins en moins grands jusqu'à ce qu'on ait obtenu le fil de la grandeur demandée. On obtient ainsi des fils de fer, de cuivre.

Tous les métaux usuels sont *inaltérables dans l'air sec*, mais tous, sauf l'aluminium, *s'altèrent dans l'air humide*, en se combinant à l'oxygène de l'eau, soit pour rester des oxydes, soit pour former un carbonate avec l'acide carbonique que renferme toujours l'atmosphère.

4. État naturel. — Les métaux usuels se trouvent très rarement à l'état de pureté ; on les rencontre presque

toujours dans la terre à l'état de *minerais*, qui sont ou des oxydes ou des sulfures ou des carbonates de ces métaux.

5. Préparation. — 1. Pour les extraire de leurs minerais, on leur fait subir deux séries d'opérations : l'une toute *mécanique*, l'autre *chimique*.

2. L'*opération mécanique* consiste à réduire le mine-

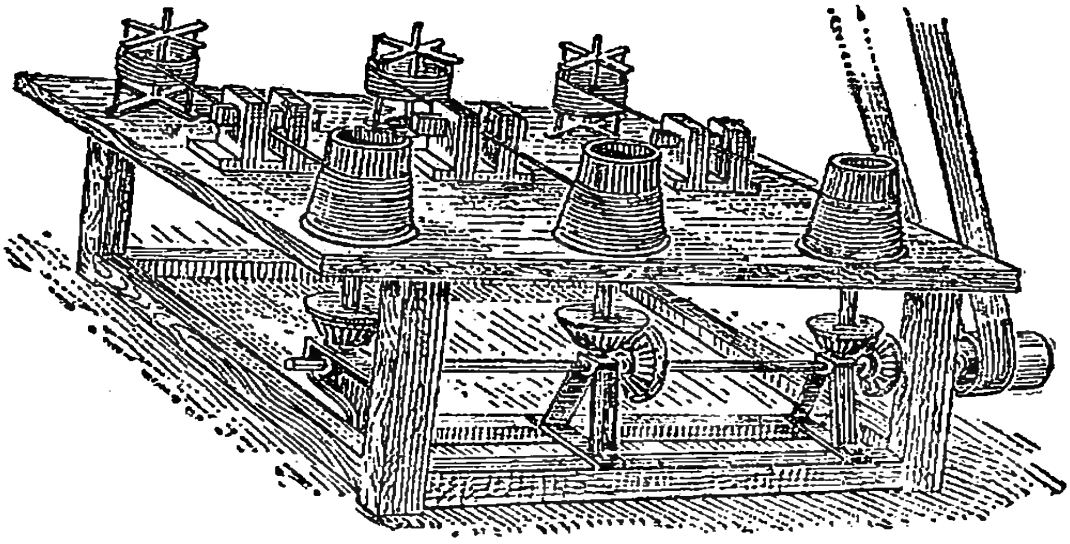


Fig. 465. — Filières.

rai en très petits morceaux, quelquefois même en poudre et à le laver, de façon à le débarrasser le plus possible de ses matières terreuses ou *gangue*.

3. Quant à sa *réduction chimique*, c'est presque toujours le charbon qui la produit, en s'emparant de l'oxygène du minerai, pour former soit de l'oxyde de carbone, soit de l'acide carbonique, qui s'échappent dans l'atmosphère.

FER

6. Propriétés. — 1. Le **fer** est le plus utile de tous les métaux. A cause de la propriété qu'il a de se ramollir sous l'action de la chaleur, on peut le travailler facilement et lui faire prendre toutes les formes désirables sous le marteau.

2. Dans l'air humide, le fer s'oxyde et s'altère; il se transforme en *rouille*, et cette rouille ne reste pas seulement à la surface, elle pénètre peu à peu, et, avec le temps, pourrait complètement transformer un morceau de fer en rouille. Aussi, pour conserver le fer, le recouvre-t-on d'une couche de zinc : *fer galvanisé;* ou d'étain, *fer étamé* ou *fer-blanc*. On le protège encore du contact de l'humidité à l'aide d'une couche de peinture.

7. ÉTAT NATUREL. TRAITEMENT DU MINERAI. — Le fer a de nombreux *minerais*, surtout des oxydes et des carbonates. On les traite dans des fourneaux spéciaux, dits *hauts fourneaux*, d'une quinzaine de mètres de profondeur (fig. 466), formés de deux troncs de cônes réunis par leurs grandes bases. Dans cette grande cheminée, on dispose des couches alternatives de minerai, de charbon, et de fondant, c'est-à-dire de craie ou d'argile, et grâce à une puissante soufflerie qui débouche à la base de ce fourneau, on développe dans la masse une chaleur considérable. La combustion du charbon produit du gaz carbonique qui, au contact du charbon incandescent, se transforme en oxyde de carbone, celui-ci réduit le minerai en lui prenant son oxygène pour redevenir gaz carbonique et le fer fondu se dégage des minerais. Mais sous l'action de cette forte chaleur, le fer s'unit au charbon pour former de la *fonte*, qui coule à la base du haut fourneau et qu'on dirige dans des rigoles creusées dans le sol. On *affine* ensuite la fonte si on veut obtenir le fer pur.

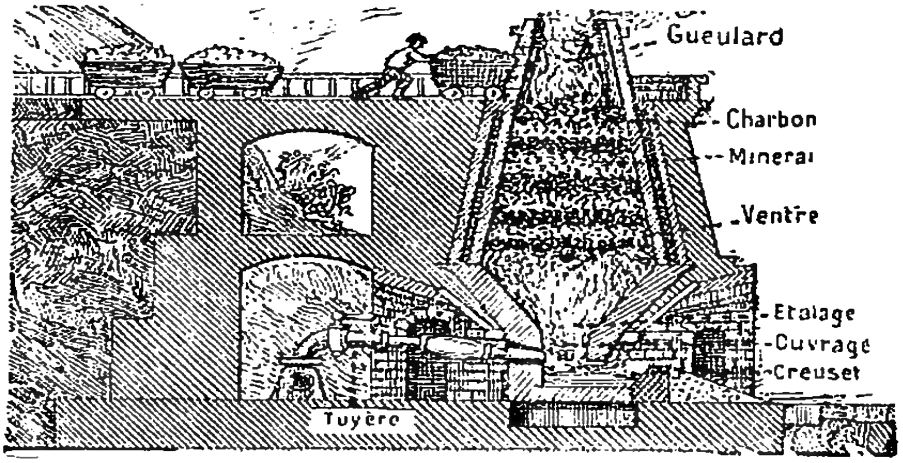


FIG. 466. — Coupe d'un haut fourneau.

8. Affinage de la fonte. — Affiner la fonte c'est lui enlever son *charbon*, et en même temps le *silicium*, le *soufre*, etc., qu'elle contient. L'opération se fait dans des fours à *puddler* (fig. 467) dans lesquels on place les *gueuses* (masse de fonte coulée en saumon) de fonte. Lorsque la matière est incandescente, on fait passer un violent courant d'air. Le charbon brûle; et le fer se présente sous la forme d'une masse pâteuse. On le rassemble en boules ou *loupes* de 25 à 30 kilogrammes qu'on soumet à l'action du

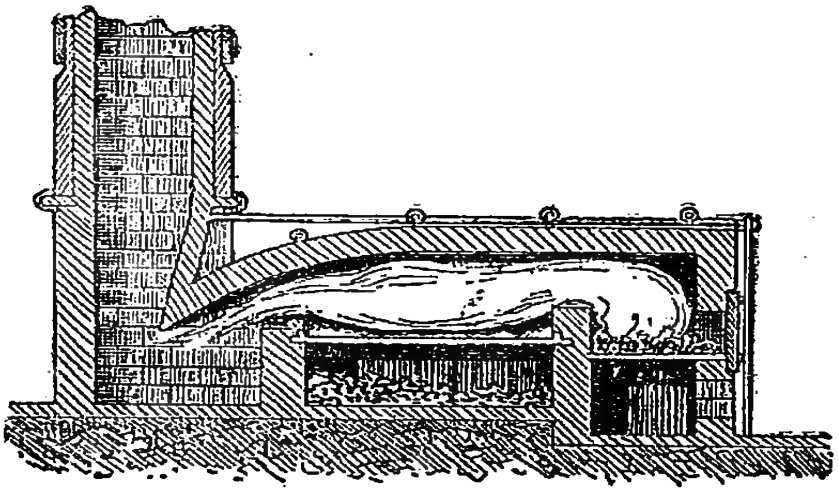


Fig. 467. — Four à puddler.
Le charbon de la fonte est brûlé par l'oxygène de l'air.

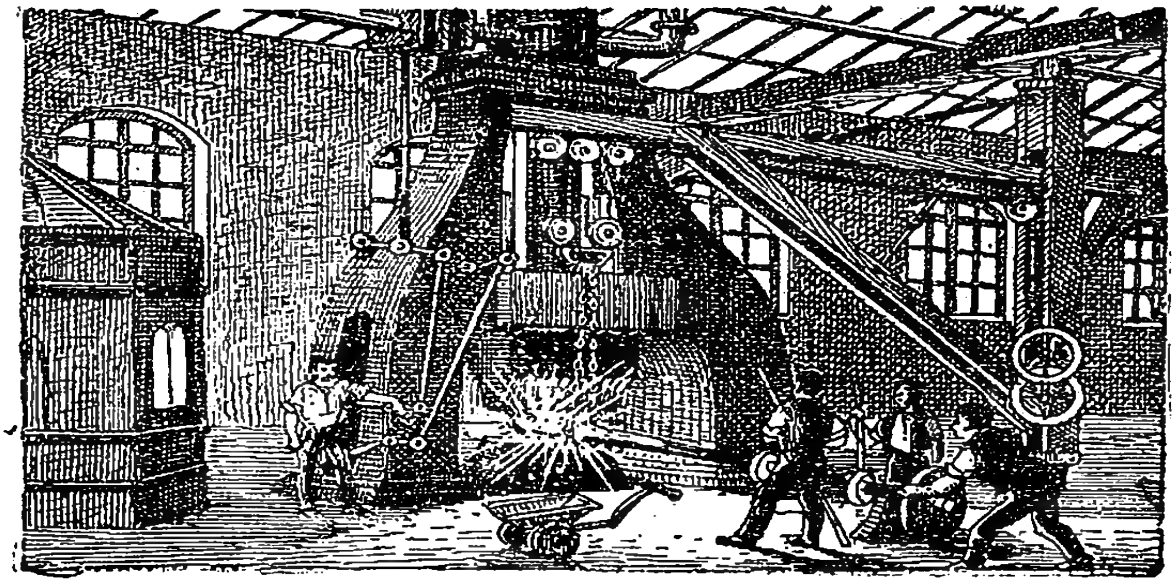


Fig. 468. — Marteau-pilon.

marteau-pilon (fig. 468), qui en expulse les scories. Le fer peut alors être conduit au laminoir.

9. Usages.— Les usages du fer sont extrêmement variés. On en fait des *outils :* bêches, charrues ; des clous, des boulons ; des cercles pour les roues ; des fers pour les chevaux ; des poutres pour les constructions des maisons ou des ponts ; des chaînes, des armes, etc. ; en fils galvanisés, il sert de conducteur à l'électricité pour le télégraphe.

FONTE

10. Propriétés. — 1. La **fonte** est une combinaison du fer avec le charbon, contenant environ de 2 à 5 p. 100 de carbone.

2. Elle a à peu près les mêmes qualités que le fer : elle ne se ramollit pas toutefois quand on la chauffe; on ne peut la forger; à chaud comme à froid, la fonte se casse sous un choc.

Elle fond facilement et prend par *moulage* toutes les formes désirables.

11. Usages. — Aussi l'emploie-t-on à faire des colonnes, des grilles, des statues, des candélabres, des poêles, des marmites.

Une variété de fonte, la *fonte blanche*, est très dure; la lime ou le foret peuvent à peine l'entamer.

En se refroidissant, la fonte liquide augmente de volume; c'est pourquoi elle prend, en se solidifiant, exactement la forme du moule qui la renferme.

ACIER

12. Propriétés. — 1. L'**acier** est intermédiaire entre la fonte et le fer; il contient de 0,7 à 1,5 p. 100 de charbon.

2. Il est plus élastique, plus malléable, mais moins ductile que le fer; il s'aimante moins aisément que le fer, mais il conserve son aimantation après l'éloignement de la cause qui l'a produite.

Lorsqu'après l'avoir chauffé au rouge, on vient à le refroidir brusquement en le trempant dans une masse liquide, l'acier acquiert une dureté particulière. Il prend alors le nom d'*acier trempé*.

13. Fabrication. — Pour faire de l'acier, on place la fonte dans une sorte de cornue mobile, appelée *convertisseur Bessmer*, munie à la partie inférieure d'une boîte recevant le vent d'une puissante soufflerie. On porte le convertisseur au rouge; on fait marcher la soufflerie; le carbone brûle, et il reste dans le convertisseur l'acier. On renverse le convertisseur et on fait couler l'acier dans des lingotières; une fois refroidi, on le transporte aux laminoirs ou aux pilons, où on lui donne la forme utile.

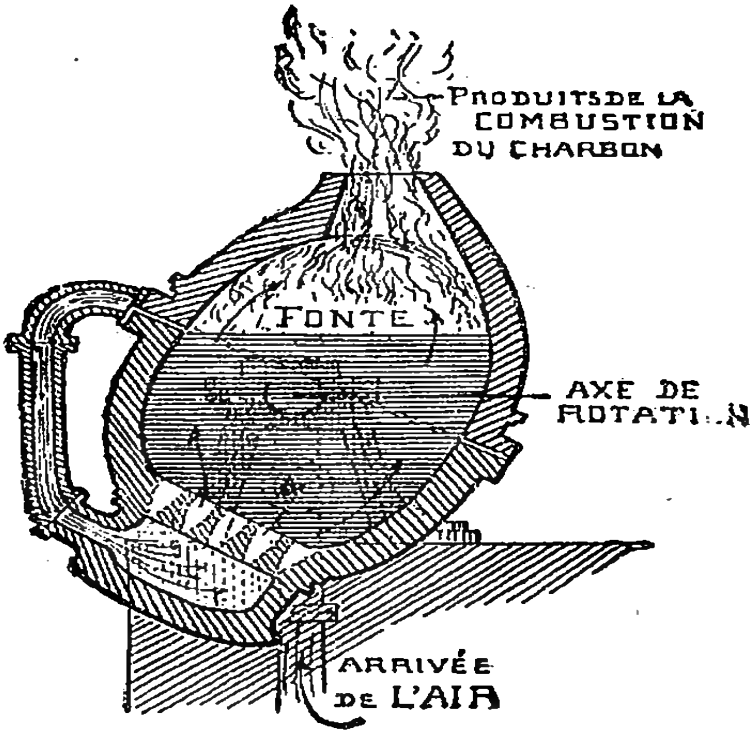


Fig. 469. — Convertisseur Bessmer.

L'*acier de cémentation* s'obtient en chauffant du fer en barres peu épaisses avec du *cément*, c'est-à-dire un mélange de poussières de charbon, de cendres et de sel marin.

14. Usages. — 1. L'*acier de cémentation* est utilisé dans la coutellerie, dans la bijouterie d'acier. L'*acier Bessmer* est plutôt employé pour les objets de grandes dimensions : rails, plaques pour recouvrir les navires, bandages des roues, canons, chaudières à vapeur.

2. L'*acier trempé* est le plus employé; on en fait tous les outils très durs : scies, couteaux, rasoirs, sabres; aiguilles, ressorts de montres, etc.

3. L'*acier fondu* est très dur, on l'emploie à la confection des burins, des laminoirs, des filières.

RÉSUMÉ

MÉTAUX

1. Métaux. — Tous les métaux possèdent un éclat dit *métallique ;* en combinaison avec l'oxygène, ils forment des *bases.*

3-5. Métaux usuels. — Tous les métaux usuels sont *malléables* et *ductiles ;* sauf l'aluminium, tous s'altèrent dans l'air humide.

Les métaux usuels se trouvent à l'état de *minerais :* oxydes, sulfures ou carbonates ; on fait subir aux minerais un *traitement mécanique*, puis un *traitement chimique* pour les réduire en métaux ; le *réducteur* est généralement le charbon.

6-9. Fer. — Le fer est le plus utile des métaux. A l'air humide il se transforme en *rouille ;* pour éviter cette transformation, on le recouvre de zinc (*fer galvanisé*), ou d'étain (*fer-blanc*), ou de peinture.

On traite les minerais de fer par le charbon dans des *hauts fourneaux ;* le fer coule à l'état *de fonte.*

On l'emploie pour faire des outils, des armes, des poutres, etc. ; en fils galvanisés il conduit l'électricité du télégraphe.

10-11. Fonte. — La fonte est du fer contenant de 2 à 5 p. 100 de charbon. Par moulage on en fait de nombreux objets.

12-14. Acier. — L'acier contient moins de charbon que la fonte. L'acier *trempé* est très dur ; *fondu*, il est encore plus dur.

Il y a deux procédés de fabrication de l'acier : on traite la fonte dans le convertisseur Bessmer, ou le fer par le cément.

EXPÉRIENCES A FAIRE

1. Voir la différence d'aspect du fer, du zinc, du plomb fraîchement coupés, après une exposition à l'air plus ou moins prolongée.
2. Examiner la différence d'aspect du fer, de la fonte, de l'acier.

Questionnaire.

1. Quelles sont les propriétés générales des métaux ? — **2**. Comment divise-t-on les métaux? - Citez des métaux usuels. — Citez des métaux précieux. — **3**. Indiquez les propriétés générales des métaux usuels — **4**. Sous quel état trouve-t-on les métaux ? — **5**. Combien de sortes d'opérations fait-on subir aux minerais ? — En quoi consiste l'opération mécanique? — Quel rôle joue le charbon dans le traitement des minerais ? — **6**. Pourquoi le fer se travaille-t-il facilement ? — Comment empêche-t-on le fer de rouiller? — **7**. Comment traite-t-on le minerai de fer dans les hauts fourneaux? — **8**. Quels sont les principaux usages du fer? — **9**. Qu'est-ce que la fonte ? — **10**. Quelles sont les propriétés de la fonte ? — **11**. A quoi sert-elle ? — **12**. En quoi l'acier diffère-t-il de la fonte ? — **13**. Qu'appelle-t-on acier trempé? acier Bessmer? acier de cémentation? — **14**. Quels sont les principaux usages de l'acier ?

Rédaction : Montrez comment le fer est le plus utile des métaux énumérez ses qualités et ses principaux usages.

CHAPITRE XXIX

MÉTAUX USUELS
CUIVRE. ZINC. ÉTAIN. PLOMB. ALUMINIUM

CUIVRE

1. Propriétés. — Le **cuivre** est un métal rouge, très malléable et très ductile. Exposé à l'air humide, il s'altère, en formant une couche verte appelée *vert-de-gris*.

Le vert-de-gris se forme aussi lorsque le cuivre est mis en contact prolongé avec le vin, le vinaigre, les matières grasses, les fruits, l'eau salée.

Ce vert-de-gris est un poison, aussi importe-t-il de ne faire usage de vases de cuivre que lorsqu'ils sont dans un état parfait de propreté; il importe de même d'éviter d'y laisser séjourner des aliments, ou de les y laisser se refroidir.

En étamant à l'intérieur les vases de cuivre, on peut éviter les accidents.

2. Usages. — Le cuivre seul est employé pour les ustensiles de distillerie, la tuyauterie, la chaudronnerie, pour les conducteurs électriques, les fils téléphoniques; en plaques, il sert à la gravure sur cuivre. On en fait des ustensiles de cuisine : bassines, casseroles. La *galvanoplastie* a pour but de déposer une couche mince de cuivre à la surface d'un moule.

3. **Bronze, Laiton.** — Allié à l'étain il forme le *bronze;* avec l'aluminium, il forme le *bronze d'aluminium*, avec lequel on fait des montres; avec le zinc, il forme le *laiton*, qui sert à faire des instruments de musique, les faux bijoux; avec le zinc et le nickel, il forme le *maillechort*, qu'on utilise en horlogerie.

4. **Sulfate de cuivre.** — Un des composés du cuivre, le *sulfate de cuivre*, est utilisé en *galvanoplastie;* on l'emploie en dissolution pour arroser les graines de semence, afin de les débarrasser des parasites, et les vignes malades du phylloxéra ou du mildiou.

ZINC

5. Propriétés. — 1. Le **zinc** est un métal gris bleuâtre, très malléable.

Chauffé à l'air, il s'enflamme en répandant d'épaisses fumées d'oxyde de zinc, qui ne sont autres que du *blanc de zinc*, employé en peinture.

2. Ce métal ne peut pas être employé à la confection des ustensiles de cuisine parce que, avec les graisses, le vinaigre, le vin, le lait, il forme des sels vénéneux.

6. Usages. — 1. Réduit en feuilles, le zinc sert en ferblanterie; on l'emploie à la couverture des toits, à la confection des baquets, tuyaux, gouttières, baignoires.

2. Allié au cuivre, il donne le *laiton*. Il recouvre le fer pour empêcher la transformation de celui-ci en rouille; c'est alors le *fer galvanisé*.

3. *L'oxyde de zinc* remplace, en peinture, la *céruse;*

il n'est pas vénéneux et ne noircit pas aux émanations d'acide sulfhydrique

ÉTAIN

7. Propriétés. — L'**étain** est *blanc* d'argent, *flexible*, facilement *fusible*, très *malléable*. Il s'altère peu à l'air, et ses sels ne sont pas vénéneux.

8. Usages. — Aussi l'emploie-t-on pour étamer le fer ou le cuivre dans les ustensiles de ménage ; on en fait même des *fourchettes* et des *cuillers*, des *mesures* pour les liquides : dans ces cas, il est allié au plomb.

Allié au mercure, il sert à l'*étamage* des glaces.

Réduit en *feuilles minces*, il enveloppe le chocolat et les objets qui craignent l'humidité.

PLOMB

9. Propriétés. — 1. Le **plomb** est blanc bleuâtre, très éclatant lorsqu'il vient d'être coupé; c'est le plus mou des métaux usuels.

Il se ternit rapidement à l'air, par suite de son oxydation.

2. Les sels de plomb sont tous *vénéneux*, aussi doit-on éviter de conserver du vinaigre, du vin, du lait, dans des vases de plomb. On ne saurait non plus se servir du plomb pour la fabrication d'ustensiles de cuisine, car ce métal est attaqué par les corps gras. L'eau de pluie détermine également avec lui des sels vénéneux que ne forme pas l'eau de source. C'est sans inconvénient qu'on se sert des tuyaux de plomb pour conduire l'eau de source, mais on n'emploie pas le plomb pour en faire les tuyaux de descente des gouttières.

10. Usages. — C'est surtout à la confection des tuyaux d'eau et de gaz que le plomb est employé ; les jardiniers se servent de petites lames de plomb pour attacher les branches à leurs supports ; on en fabrique les grains pour les fusils de chasse. Il entre dans la composition des caractères d'imprimerie.

ALUMINIUM

11. Propriétés. — L'**aluminium** est blanc d'argent, très ductile et très malléable ; c'est le métal le plus léger. Il est inaltérable à l'air, comme les métaux précieux.

12. Usages. — 1. A cause de sa grande légèreté, on l'emploie à la confection des télescopes, des montures de lunettes.

2. Allié au cuivre, il forme le *bronze d'aluminium* d'un beau jaune d'or.

13. — **L'alumine**. — L'*aluminium* n'existe pas dans la nature à l'état libre : on le trouve dans l'argile sous la forme d'*alumine* ou *oxyde d'aluminium*. L'alumine se rencontre soit pure (*corindon*), soit mélangée à des oxydes métalliques, qui la colorent, tels que le *rubis*, qui est rouge; le *saphir*, qui est bleu. L'*émeri* est une sorte de corindon mélangé d'oxyde de fer.

L'*alun ordinaire* est un composé d'alumine, de potasse et d'acide sulfurique. Il est soluble dans l'eau. On l'utilise en *peinture*, dans la fabrication du *papier*, des *cuirs*, etc., et également en *médecine*.

ARGILES

14. Propriétés. — Les *argiles* sont des composés d'*alumine* et de *sable*, mélangés parfois de *calcaire* et d'*oxydes métalliques* qui leur donnent une couleur particulière.

En général, l'argile est *plastique*, c'est-à-dire qu'elle fait avec l'eau une pâte facile à mouler. Cuite à une haute température, elle prend la *consistance* de la pierre.

Le *kaolin* est de l'argile pure, blanche et douce au toucher. Il est utilisé pour la fabrication des *porcelaines* et des *faïences fines*.

L'*ocre*, qui sert à la peinture, est une argile colorée par des oxydes de fer.

La *marne*, employée comme amendement en agriculture, est un mélange d'argile et de chaux.

15. Usages. — **Briques et tuiles.** — Les *briques et les tuiles* se fabriquent avec de l'argile commune à laquelle on ajoute un peu de sable. On fait une pâte épaisse et bien homogène à laquelle on donne, au moyen de *moules*, la forme voulue. La *cuisson*, qui dure deux ou trois jours, se fait dans des fours construits eux-mêmes en briques. La *couleur* plus ou moins rouge des briques et des tuiles est due à l'*oxyde de fer* contenu dans la glaise.

Poteries et faïences communes. — La pâte pour les poteries et les faïences communes est formée de *glaise*, de *sable* et de *chaux*. On la façonne à la main ou au *tour*. Cuite, elle est poreuse et se laisse traverser par l'eau, aussi la recouvre-t-on d'un *vernis* imperméable. Pour cela, après une légère cuisson, on trempe les objets façonnés dans un bain d'eau contenant en suspension du *minium*, pour les poteries, et du *minerai d'étain* pour les faïences. On soumet à une deuxième cuisson; le minium fond, pénètre la pâte et la recouvre d'une couche vitrifiée jaune; le minerai d'étain produit un émail blanc.

Porcelaine. — La porcelaine est faite d'argile très pure, de kaolin auquel on ajoute du feldspath pulvérisé. La pâte de porcelaine *translucide* se distingue de celle de la faïence, qui est *opaque*.

La couverte ou émail de la porcelaine est généralement obtenue en plongeant les objets façonnés dans un bain appelé *barbotine* contenant du feldspath en suspension, ou quelquefois un minerai de plomb.

MÉTAUX PRÉCIEUX

MERCURE

16. Propriétés. — Le **mercure** *est le seul métal liquide;* il est blanc et très brillant. C'est un poison violent.

17. Usages. — Il est employé à la construction des baromètres, des thermomètres.

Allié à l'étain, il forme le *tain* des glaces.

ARGENT

18. Propriétés. — **L'argent** est le plus blanc et le plus brillant des métaux ; il ne s'altère pas à l'air ; il est très *malléable* et très *ductile;* on peut le réduire en feuilles de 1/400 de millimètre d'épaisseur et avec 1 gramme d'argent on peut faire un fil de 2 kilomètres de longueur.

19. État naturel. — L'argent se trouve rarement à l'état natif, on le rencontre le plus souvent uni à d'autres métaux, tels que le plomb.

20. Usages. — Allié avec un peu de cuivre qui lui donne de la dureté, il est employé à la confection des pièces de monnaie, des objets d'orfèvrerie et de vaisselle, et en bijouterie.

On peut même, par la galvanoplastie, en recouvrir d'une mince couche des objets complètement en cuivre ; ils restent inaltérables tant que la couche n'est pas usée : tels, par exemple, les couverts en cuivre.

OR

21. Propriétés. — **L'or** est un métal jaune, très brillant. Il est inaltérable à l'air ; on peut le réduire en lames de 1/400 de millimètre d'épaisseur ; avec 1 gramme d'or, on pourrait faire un fil de 3 kilomètres de longueur, sa densité est 19,26.

22. État naturel. — On le trouve à l'état pur en Californie, en Australie, au Transvaal ; il constitue soit des grains irréguliers ou *pépites*, soit des *paillettes* mêlées aux terrains déposés par les eaux, soit des *filons* dans les terrains primitifs. Pour retirer l'or des sables avec lesquels il est mélangé, on les broie, puis on les lave dans de longues rigoles en bois dans lesquelles passe un courant d'eau. Les sables plus légers sont entraînés, l'or tombe au fond des rigoles où on le recueille.

23. Usages. — L'or est surtout employé, allié à une faible quantité de cuivre, à faire les monnaies, les bijoux ; réduit en feuilles minces, on l'emploie à dorer le bois et les métaux. On fait aussi de la dorure par la galvanoplastie.

PLATINE

24. **Propriétés.** — Le platine est un métal d'un blanc grisâtre, très malléable et très ductile ; c'est le plus dense de tous les métaux ; sa densité est 22. Il se soude et se forge très facilement ; mais il ne fond qu'à la température développée par le chalumeau à gaz de l'éclairage alimenté par l'oxygène.

Le platine est inaltérable à l'air. L'eau régale seule le dissout.

25. **Etat naturel.** — Le platine se rencontre à l'état natif dans les sables d'alluvion et dans les filons, comme l'or.

On le trouve au Brésil, en Californie, dans les monts Ourals.

26. **Usages.** — A cause de son inaltérabilité et de sa résistance à la chaleur, on l'emploie pour faire des fils, des creusets, de petites capsules. Il est également employé en bijouterie. Mais ses usages sont nécessairement restreints, à cause de l'élévation de son prix. Il est employé dans les appareils électriques dans lesquels un métal doit être soudé au verre, parce que, se dilatant à peu près comme le verre, il ne risque pas de casser les appareils.

RÉSUMÉ

1-4. Cuivre. — Le cuivre exposé à l'air humide se recouvre de *vert-de-gris* qui est un poison ; aussi étame-t-on les ustensiles de cuisine en cuivre. Allié à l'étain, il forme le *bronze*.

5-6. Zinc. — Le zinc s'enflamme facilement en produisant de l'oxyde de zinc ou *blanc de zinc ;* il forme des sels vénéneux. Allié au cuivre, il donne le *laiton ;* le fer recouvert de zinc s'appelle *fer galvanisé*. En peinture, l'oxyde de zinc remplace la céruse.

7-8. Étain. — L'étain est très facilement *fusible. Ses sels ne sont pas vénéneux;* aussi l'emploie-t-on pour étamer les casseroles, pour faire des cuillers, fourchettes, etc., allié au plomb. Allié au mercure, il forme l'*étamage des glaces.*

9-10. Plomb. — Le plomb est très mou. *Ses sels sont tous vénéneux.* On l'emploie à faire des tuyaux pour l'eau des sources et le gaz.

11-12. Aluminium. — L'aluminium est le *plus léger* des métaux usuels; il ne s'altère pas à l'air humide; ces deux qualités le font employer dans l'industrie.

13. L'alumine. — L'alumine entre dans la composition de l'argile. L'alumine est pure (*corindon*), ou tachée d'oxydes métalliques (*rubis, saphir*), ou mélangé d'oxyde de fer (*émeri*). L'*alun* est un composé d'alumine, de potasse et d'acide sulfurique.

14-15. Les argiles. — Les argiles sont formées d'*alumine*, de sable, parfois de calcaire et d'oxydes métalliques. Elles sont en général *plastiques;* cuites, elles ont la consistance de la pierre.

Le *kaolin*, l'*ocre*, la *marne* sont des argiles.

Briques et tuiles. — Les briques et les tuiles sont faites d'*argile commune.*

Poteries et faïences communes. — La pâte est faite de *glaise*, de *sable* et de *chaux*. L'émail est à base de *minium* pour les poteries, et de *minerai d'étain* pour les faïences.

Porcelaine. — La porcelaine est faite d'argile pure, de *kaolin* et de *feldspath*. L'émail transparent est obtenu généralement par le feldspath.

16-17. Mercure. — Le mercure est le seul métal liquide. Nous l'avons vu employé à la confection des baromètres et des thermomètres.

18-20. Argent. — L'argent est le plus brillant des métaux. Il ne s'altère pas à l'air. Il est surtout employé pour les monnaies et la bijouterie.

21-23. Or. — L'or est inaltérable à l'air; on le trouve en *pépites*, en *paillettes*, en *filons*. Il est employé pour les monnaies et la bijouterie.

24-26. Platine. — Métal solide, blanc grisâtre, très malléable, très ductile.

Se trouve à l'état natif dans les alluvions ou en filons, Employé pour la bijouterie, mais surtout pour la chimie. l'électricité et l'industrie.

EXPÉRIENCES A FAIRE

1. Observer une fourchette de cuivre désargentée, qui a servi au dîner du soir; le lendemain matin, elle est couverte de vert-de-gris.
2. Enflammer un mince fil de zinc pour voir se former le blanc de zinc laiteux. Fondre une feuille d'étain.

Questionnaire.

1. Indiquez les propriétés générales du cuivre. — **2**. Ses usages. — **3**. Qu'est-ce que le bronze ? le bronze d'aluminium ? le laiton ? le maillechort ? — **4**. A quoi est employé le sulfate de cuivre ? — 5-1. Qu'est-ce que le blanc de zinc ? — 2. Peut-on faire des ustensiles de cuisine en zinc ? — **6**. A quoi sert le zinc ? — Qu'est-ce que le laiton ? le fer galvanisé? — Quel est l'usage de l'oxyde de zinc ? — **7**. Quelles sont les propriétés de l'étain ? — **8**. A quoi l'étain est-il employé ? — **9**. Signalez les propriétés du plomb. — **10**. Citez des liquides qu'on ne peut conserver dans des vases de plomb et dites pourquoi. — A quoi sert le plomb ? — **11**. Quelles sont les propriétés de l'aluminium ? — **12**. Quel usage fait-on de l'aluminium — 2. Qu'appelle-t-on bronze d'aluminium ? — **13**. Où se trouve l'alumine ? — **14**. De quoi sont formées les argiles ? — Quelles sont leurs propriétés ? — **15**. Dites ce que vous savez sur la confection des briques et des tuiles ? — Des poteries et faïences communes ? — De la porcelaine ? — **16**. Faites connaître les propriétés du mercure ? **17**. L'emploi qu'on en fait. — **18**. Quelles sont les propriétés de l'argent ? — **19**. Où se trouve-t-il dans la nature ? — **20**. A quoi sert-il ? — **21**. Indiquez les propriétés de l'or. — **22**. Où et sous quelle forme trouve-t-on l'or à l'état naturel ? — Comment le relève-t-on des sables qui le renferment ? — **23**. A quoi l'or est-il employé ? — **24**. Quelles sont les propriétés du platine ? — **25**. Où le trouve-t-on ? — **26**. A quoi l'emploie-t-on ?

Rédaction : Dites quels sont les métaux qu'on ne saurait employer pour fabriquer des ustensiles de cuisine, et pour quelles raisons. Dites ceux qu'on peut utiliser à cet usage, et quelles précautions pour certains il convient de prendre.

CHAPITRE XXX

OXYDES — SELS USUELS

POTASSE

1. Propriétés. Usages. — La **potasse** est l'oxyde du métal *potassium ;* on la connaît dans le commerce sous le nom de potasse caustique, parce qu'en effet on l'emploie en médecine sous le nom de *pierre à cautère,* pour cautériser les chairs. Pour cette raison, elle est dangereuse à manier.

Elle est employée pour la fabrication du savon noir.

CARBONATE DE POTASSIUM

2. Préparation. — Le **carbonate de potassium** est le corps qu'on appelle la *potasse du commerce.*

Pour l'obtenir, on entasse dans une fosse des arbres et des branchages de toutes espèces de végétaux terrestres (pas marins) et on y met le feu. Quand la combustion est achevée, on projette les cendres dans l'eau ; celle-ci dissout les sels solubles, qui sont en presque totalité du carbonate de potasse. Après évaporation de l'eau, on trouve des cristaux de carbonate de potasse, qui, selon son lieu d'origine, s'appelle potasse d'Amérique ou potasse de Russie.

3. Usages. — **1.** C'est à cause de la propriété qu'a la potasse de dissoudre les corps gras que les ménagères, à la campagne, conservent, pour faire la **lessive,** les cendres qui proviennent de la combustion des bois. Pour *couler la lessive*, on empile le linge, d'abord légèrement mouillé et frotté, dans un grand cuvier de bois, puis on l'arrose d'eau de savon pendant une ou deux heures. On recouvre ensuite le cuvier d'un grand

drap, dit *cendrier*, sur lequel on dépose une couche de cendre. De l'eau chaude est alors versée sur la cendre; elle dissout le carbonate de potasse, traverse le linge, est soutirée en bas de la cuve pour servir de nouveau et cela pendant une journée environ. Ce carbonate dissous rend solubles dans l'eau les matières grasses qui souillent le linge, qu'il suffit de rincer ensuite à grande eau.

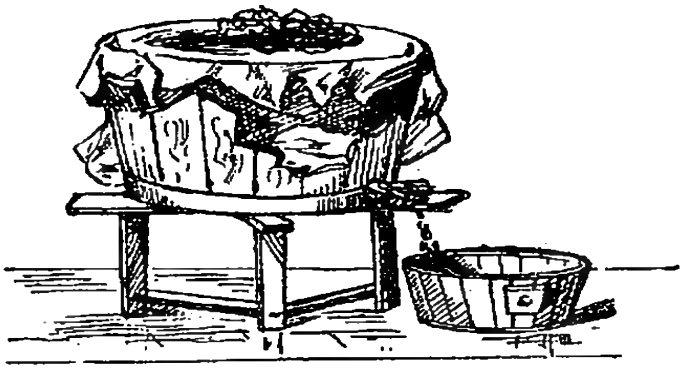


Fig. 469. — Coulage de la lessive.

2. Le carbonate de potassium, outre son application au blanchissage des étoffes, est employé à la fabrication des *savons*, du verre, du cristal, de l'eau de Javel

AZOTATE DE POTASSIUM

4. État naturel. — L'**azotate de potassium** es connu sous le nom de *salpêtre ;* il se forme sur les murs humides, c'est une matière blanche, très soluble dans l'eau; projetée sur le fer elle se décompose, dégage de l'oxygène qui active la combustion. Aux Indes, en Égypte, on le voit se produire à la surface du sol après la saison des pluies, c'est de là qu'on le tire.

5. Usages. — Le salpêtre sert à la fabrication de la *poudre de chasse*. Cette poudre est formée de 75 p. 100 de salpêtre, de 12,5 p. 100 de soufre, et de 12,5 p 100 de charbon. Elle a la propriété de s'enflammer très facilement et de former rapidement un volume considérable de gaz, qui chasse au loin les projectiles.

SOUDE

6. — La **soude** a les mêmes propriétés que la potasse. Elle s'extrait du carbonate de soude.

CARBONATE DE SOUDE

7. Préparation. — Le **Carbonate de soude** est la soude du commerce. On peut l'extraire des *cendres des végétaux marins*, comme on l'a fait pour le carbonate de potasse ; mais plus généralement, l'industrie le tire du *sel marin* (chlorure de sodium).

8. Usages. — Le carbonate de soude sert aux ménagères des villes à faire la lessive (c'est lui qu'on appelle fautivement du *cristaux* ou de la *carbonade*) et au lavage de toutes les surfaces grasses.

On l'emploie aussi à la fabrication des savons durs et du verre.

CHLORURE DE SODIUM

9. Propriétés. — Le **chlorure de sodium** est communément appelé *sel de cuisine, sel marin*. Il est très avide d'eau, aussi la salière devient-elle mouillée par les temps humides. Il cristallise en petits cubes qui s'assemblent pour former des pyramides creuses, que nous pouvons trouver facilement dans le gros sel de la cuisine (fig. 470). Il est soluble dans l'eau, l'eau de mer en contient 26 grammes par litre. Pur, il est incolore et transparent.

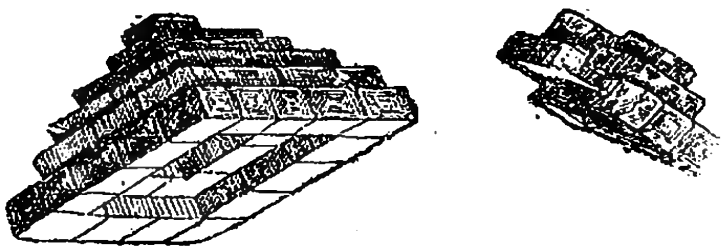


Fig. 470. — Cristaux de chlorure de sodium.

10. Préparation. — On l'extrait principalement de l'eau de la mer, en la laissant s'évaporer dans des marais artificiels, appelés *marais salants* (fig. 471). On l'extrait également de mines souterraines, on lui donne alors le nom de *sel gemme*. La plus importante mine de sel gemme est à Wieliczko, en Pologne ; elle est exploitée sur 3.000 mètres de longueur, 1.600 mètres de largeur et

300 mètres de profondeur, et occupe plus de 2.000 ouvriers.

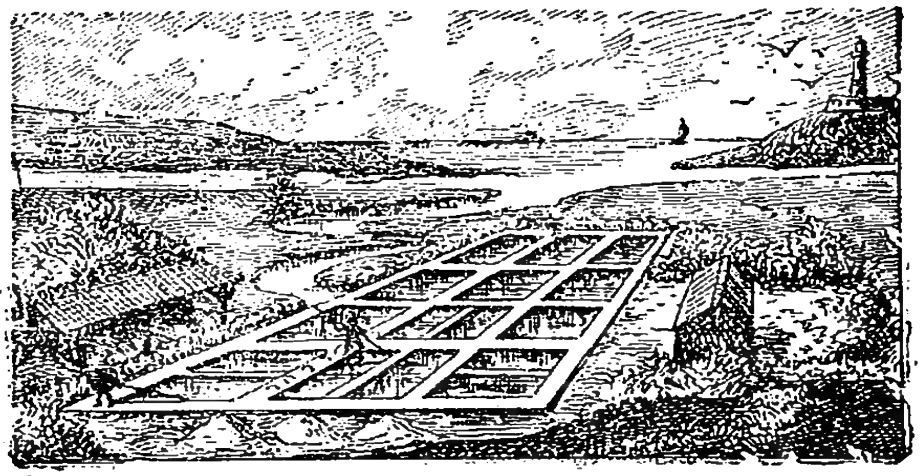


Fig. 471. — Marais salants.

11. Usages. — Le sel est un aliment nécessaire puisque le sang doit en contenir ; il rend les aliments plus agréables et plus digestifs. Il sert à la conservation des viandes et des poissons, qu'on dispose par tranches entre deux couches de sel.

CHAUX

12. Propriétés. — 1. La **chaux** est l'oxyde du métal appelé *calcium*. Elle est blanche et très avide d'eau. Quand on projette de l'eau sur de la chaux, on la voit se gonfler, devenir brûlante, puis s'effriter. Avant qu'elle ait absorbé de l'eau, elle est *chaux vive ;* ensuite, elle est *chaux éteinte*.

2. L'*eau de chaux* s'obtient en agitant de la chaux dans une grande quantité d'eau et en laissant reposer ; elle devient limpide alors, et c'est elle que nous avons employée pour montrer qu'elle est capable de se troubler par un courant d'acide carbonique.

3. Mise en plus grande quantité dans l'eau, on obtient une bouillie blanche nommée *lait de chaux*, qui sert à badigeonner les murs et les plafonds, et les arbres

fruitiers, au printemps, pour les préserver des insectes.

13. Préparation. — La chaux s'obtient en calcinant à l'air des pierres calcaires (carbonate de chaux) dans des fours spéciaux appelés *fours à chaux* (fig. 472). La cuisson dure plusieurs heures; sous l'action de la chaleur, l'*acide carbonique* se dégage, la *chaux* reste.

Fig. 472. — Four à chaux.

14. Usages. — 1. La chaux, délayée dans l'eau et mélangée avec du sable, constitue le *mortier* qui sert à sceller les pierres entre elles.

2. Suivant les qualités du calcaire employé pour la préparation de la chaux, on a de la *chaux aérienne*, c'est-à-dire qui durcit à l'air, ou de la *chaux hydraulique*, employée dans les constructions sous l'eau, qui durcit à l'eau ; ou le *ciment*, qui durcit plus rapidement que les chaux.

Le calcaire simple donne de la *chaux aérienne ;* le calcaire contenant un peu d'*argile*, de 20 à 25 p. 100, produit la *chaux hydraulique* qui, une fois cuite, est réduite en poussière et gardée dans des sacs à l'abri de l'humidité. Le *ciment* provient d'un calcaire très riche en argile de 30 à 70 p. 100 ; il fait *prise* immédiatement avec l'eau et devient aussi dur que la pierre.

Le ciment sert à enduire les murs afin de les protéger contre l'humidité ; on le moule en forme de statues, de vases, de dalles, de pavés, de carreaux.

En mélangeant du ciment ou de la chaux hydraulique avec des cailloux concassés, on produit un mortier appelé *béton* qui durcit rapidement et qui est d'une solidité à toute épreuve : on en fait des fondations de

maisons, des piles, des blocs énormes qui servent à la construction des digues dans la mer.

En enveloppant de ciment une charpente faite de fil de fer plus ou moins fort, on produit un bloc résistant pouvant remplacer la pierre : c'est le *ciment armé*.

CARBONATE DE CHAUX

15. ÉTAT NATUREL. — **1.** Le **carbonate de chaux** constitue les pierres qu'on appelle calcaires ; ses principales variétés sont le *marbre*, la *craie*, les *moellons*, la *pierre à bâtir*, le *blanc d'Espagne*, etc.

2. Presque toutes les eaux naturelles en contiennent une plus ou moins grande quantité ; c'est lui qui incruste les bouillottes, les chaudières ; qui se dépose sur les objets placés dans les eaux pétrifiantes ; qui constitue dans certaines grottes les *stalactites* et les *stalagmites*.

16. PROPRIÉTÉS. — Toutes les variétés de calcaires possèdent la propriété de faire effervescence avec les acides, en laissant échapper leur gaz carbonique.

SULFATE DE CALCIUM

17. ÉTAT NATUREL. — Le **sulfate de calcium** est com-

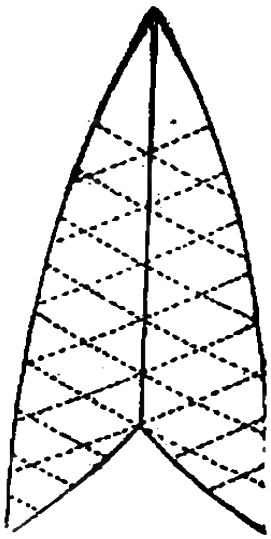


FIG. 473. — Gypse.

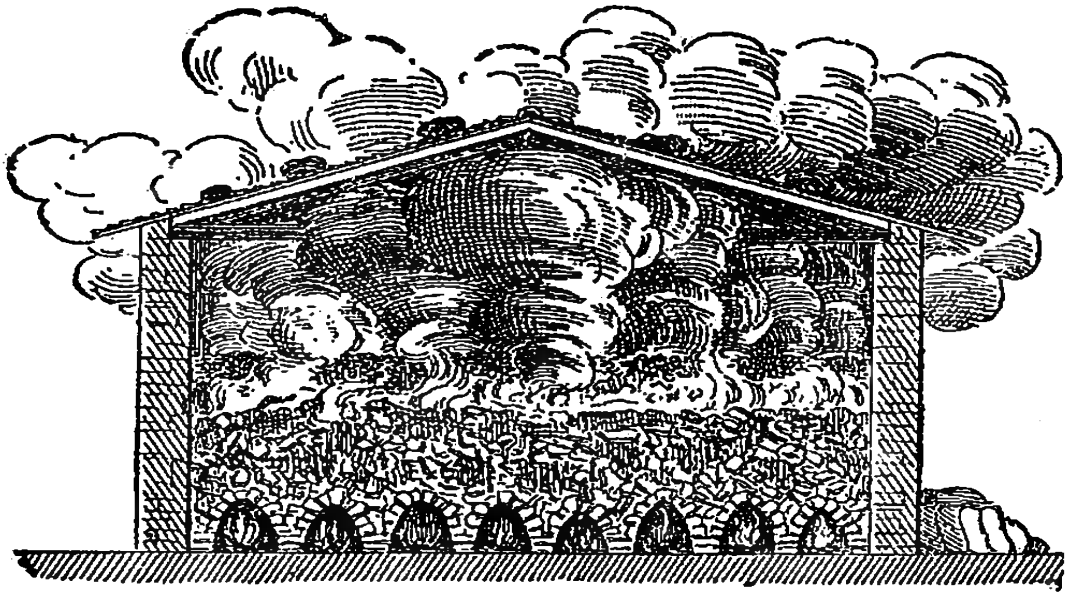


FIG. 474. — Four à plâtre.

munément appelé *plâtre ;* on le trouve dans la terre

cristallisé sous le nom de *gypse* (fig. 473), soit aggloméré en petits cristaux sous le nom de *pierre à plâtre;* il suffit de cuire ces pierres (fig. 474) et de les pulvériser.

18. Usages. — Cette poudre, mélangée à l'eau, sert à souder entre eux les matériaux de construction et à recouvrir les murs à l'intérieur et à l'extérieur; il est rapidement attaqué par l'air et la pluie et se détériore aisément.

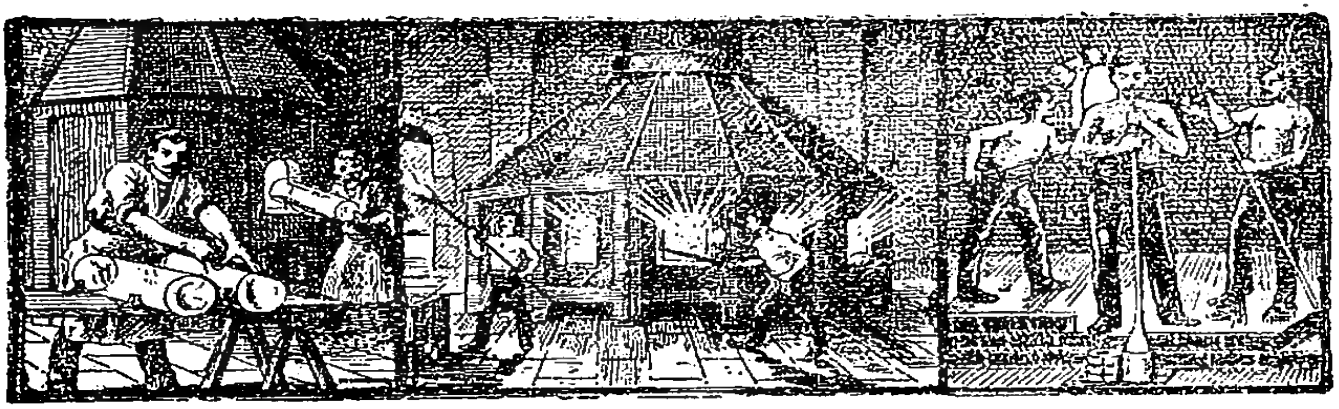
Le plâtre est employé en agriculture pour *plâtrer* les prairies artificielles et *amender* les terrains trop argileux.

Le *stuc* s'obtient en délayant du plâtre avec de la *gélatine;* il est plus résistant que le plâtre pur et est susceptible de prendre un beau poli ; en *mélangeant* à la pâte des oxydes métalliques, on forme des stucs imitant le marbre.

VERRE

19. État naturel. — 1. Le **verre** est le produit de la combinaison d'un silicate de potassium ou de sodium et d'un silicate de calcium ou de plomb.

20. Préparation. — Pour l'obtenir, on mélange les



Carreaux à vitres. Le Four. Soufflage d'une bouteille.

Fig. 475. — Four circulaire pour la fusion du verre.

sables convenables dans des creusets placés dans un vaste four circulaire (fig. 475). Le mélange fond peu à peu, on l'écume, et on le laisse refroidir lentement. Quand la masse devient pâteuse, on la retire pour la

façonner, soit par *soufflage* (fig. 475), soit par *moulage*.

Une fois l'objet fabriqué, on le recuit en le chauffant au rouge sombre, puis on le refroidit lentement.

2. Suivant la qualité des produits employés, il constitue le *verre à bouteilles*, le *verre à vitres* ou à *glaces*, le *verre de Bohême*, le *cristal* et le *strass* qui imite le diamant.

Le verre n'est autre chose que du *sable* fondu avec de la *potasse* ou de la *soude* et aussi avec de la *chaux* ou du *plomb*.

La pâte du *verre à vitres* et à *glaces* s'obtient avec du sable, du sulfate de sodium, de la chaux et des déchets de verre.

Le *crown glass*, utilisé pour les verres des instruments d'optiques, se compose des mêmes matériaux que les verres à vitres, mais d'une qualité plus pure.

Le *verre des bouteilles* se fait avec des produits de moindre valeur. La couleur verte de ces verres est due au minerai de fer attaché au sable impur.

Le *cristal* est un verre à base de potasse et de plomb.

Le *strass*, qui sert à imiter les pierres précieuses, est un cristal coloré par certains oxydes métalliques.

RÉSUMÉ

1. Potasse. — La potasse est l'oxyde de potassium ; elle est *caustique*.

2-3. Carbonate. — Le *carbonate de potasse* est tiré des cendres des végétaux terrestres.

Il sert à faire la lessive; on l'emploie pour la fabrication des savons mous.

4-5. Azotate de potasse. — L'*azotate de potasse* ou *salpêtre* entre dans la composition de la poudre.

6. Soude. — La soude a les mêmes propriétés que la potasse.

7-8. Le carbonate de soude. — Le *carbonate de soude* est tiré des cendres des végétaux marins ou du chlorure de sodium ; il est employé à nettoyer le linge et à la fabrication des savons durs

9-11. Chlorure de sodium. — Le *chlorure de sodium*, ou *sel marin*, est extrait des eaux de la mer par évaporation. Il sale nos aliments et conserve les viandes.

12-14. Chaux. — La chaux est l'oxyde de calcium. On en fait de l'*eau de chaux* ou du *lait de chaux*.

On l'obtient en calcinant du *carbonate de chaux*. Les chaux sont *aériennes*, *hydrauliques* ou *ciment*.

15-16. Carbonate de soude. — Le *carbonate de chaux* constitue les pierres dites calcaires : craie, pierre à bâtir, marbre, etc. Presque toutes les eaux en contiennent plus ou moins en dissolution.

17-18. Sulfate de chaux. — Le *sulfate de chaux* est le *plâtre*. Il sert dans les constructions des maisons, il est aussi utilisé en agriculture ; le stuc, par son poli, imite le marbre.

19-20. Verre. — Le verre est obtenu par la fusion du silicate de sodium ou de potassium et d'un silicate de calcium ou de plomb. Ses variétés sont le verre à bouteilles, à vitres, à glaces, le verre de Bohême, le cristal, le strass.

EXPÉRIENCES A FAIRE

1. Extraire le carbonate de potasse de la cendre de bois.
2. Observer l'azotate de potasse sur les murs humides.
3. Observer les cristaux de sel dans le sel de la cuisine.
4. Faire de l'eau de chaux; du lait de chaux.
5. Calciner au feu une pierre calcaire pour en faire de la chaux.
6. Constater que tous les calcaires font effervescence avec le fort vinaigre et non le plâtre.

Questionnaire.

1. Que savez-vous des propriétés et des usages de la potasse? — **2.** Comment obtient-on le carbonate de potassium ? — **1.** Comment coule-t-on la lessive, à la campagne ? — **3.** A quoi sert encore le carbonate de potassium ? — **4.** Où trouve-t-on l'azotate de potassium ou salpêtre, à l'état naturel ? — **5.** A quoi sert-il ? — **6.** Quelles sont les propriétés de la soude ? — **7.** Comment prépare-t-on le carbonate de soude ? — **8.** A quels usages l'emploie-t-on ? — **9.** Quelles sont les propriétés du chlorure de sodium ? — **10.** Comment l'obtient-on ? — **11.** Quels sont ses usages ? — **12-1.** Que savez-vous de la chaux ? — 2. De l'eau de chaux ? — 3. Du lait de chaux ? — **13.** Comment obtient-on la chaux ? — **14-1.** Quels sont ses principaux usages ?

— 2. Citez quelques variétés de chaux. — **15-1**. Quelles sont les variétés de carbonate de chaux ? — 2. Que forme le carbonate de chaux contenu dans l'eau ? — **16**. Quelles sont les propriétés des calcaires ? — **17**. Quel est l'autre nom du sulfate de chaux et où le trouve-t-on ? — **18**. A quoi sert le sulfate de chaux ? — **19-1**. De quoi se compose le verre ? — **20**. Comment obtient-on le verre ? — 2. Citez quelques variétés de verre.

Rédaction : Indiquer la composition des différents mortiers, leurs propriétés et leurs usages.

CHAPITRE XXXI

MATIÈRES ORGANIQUES

1. Définition. — Dans ce chapitre, nous passerons rapidement en revue les principales substances que l'on rencontre dans les végétaux et les animaux.

Chez ces corps, d'aspect et de propriétés si divers, rarement l'analyse dévoile, des corps simples autres que le **carbone**, l'**hydrogène**, l'**oxygène** et l'**azote**. Ainsi ces quatre seuls éléments, soit réunis, soit plus ou moins séparés et combinés, dans des proportions différentes, suffisent pour former presque toutes les substances végétales et animales.

CARBURES D'HYDROGÈNE

2. Généralités. — Les carbures d'hydrogène sont des matières organiques composées de carbone et d'hydrogène; ils existent tout formés dans les végétaux et se dégagent dans les décompositions des matières organiques.

Parmi les carbures d'hydrogène gazeux, citons le *formène*, l'*acétylène*, dont il a été parlé plus haut.

3. Pétroles. — Le *pétrole* est un mélange de *carbures d'hydrogène* analogues au *formène*. Les uns, gazeux, se dégagent de la source même, lançant souvent, en jet liquide, le mélange des autres qui forment le **pétrole brut**; celui-ci, d'une apparence huileuse, est très inflammable même à distance, au moyen de ses vapeurs; il brûle en produisant une épaisse fumée. Par une distillation fractionnée, on le partage en produits inégalement volatils tous inflammables et qui seraient tous utilisés pour l'éclairage, si certains d'entre eux n'étaient dangereux à cause de leur trop grande inflammabilité.

4. Distillation du pétrole. — La distillation du pétrole *brut* se fait dans de grandes chaudières en fer. Tout d'abord les gaz se dégagent et sont dirigés dans le foyer pour activer et alimenter la combustion. Les autres produits sont reçus dans des récipients refroidis où ils se condensent.

Au-dessus de 70°, les carbures très inflammables qui sont recueillis forment l'*éther de pétrole*, employé comme anesthésique.

Entre 70° et 120°, les produits qui se condensent donnent l'*essence de pétrole* ou *huile de naphte*, employée comme dissolvant dans la fabrication des vernis, utilisée également pour l'*éclairage* au moyen de lampes dont les réservoirs contiennent une *éponge* qu'on imbibe d'essence.

Entre 120° et 280°, on reçoit le *pétrole de commerce*, qui subit plusieurs opérations de lavage à l'acide sulfurique et à l'eau avant d'être livré à la consommation. C'est un liquide jaunâtre ne s'enflammant que lorsqu'il est chauffé à plus de 40°. Il constitue un éclairage excellent et économique. Un litre de pétrole donne l'équivalent de lumière de 2 kg. 1/3 de bougie et coûte quatre fois moins.

Au-dessus de 400° passent les huiles lourdes, desquelles on extrait la paraffine et la vaseline.

5. L'huile de pétrole rectifiée ou huile **lampante**, Luciline, Oriflamme, Saxoléine, n'émet que peu de vapeurs à la température ordinaire et n'est pas d'un emploi dangereux; il n'en est pas de même de l'**essence de pétrole**, qui prend feu à distance, et qu'on ne peut employer sans danger que dans des lampes à éponge. On doit la conserver dans des bidons métalliques, toujours bouchés avec soin, et on ne doit jamais garnir les lampes que le jour, dans une pièce sans feu ou flamme d'aucune sorte.

Si l'essence prenait feu, il ne faudrait pas essayer de l'éteindre avec de l'eau, mais avec du sable, de la cendre ou des linges mouillés.

On l'emploie pour le nettoyage des gants.

Lorsqu'on ne distille pas complètement le pétrole, on peut retirer du résidu de la **vaseline**, substance onctueuse employée en pharmacie pour la préparation des pommades. Elle a l'avantage de ne pas rancir; mais l'inconvénient de ne pas pénétrer la peau.

Un autre produit tiré des résidus de la distillation du pétrole est la **paraffine**, corps solide, incolore, fondant à 55°; elle est utilisée pour la fabrication des bougies transparentes; elle rend imperméables à l'eau les bouchons, les tissus, maintient propres les surfaces métalliques, etc.

Le pétrole brut n'est autre que le **naphte**, huile qu'on trouve en abondance sur les bords de la mer Caspienne et surtout en Amérique du Nord; il forme des lacs souterrains d'où on le retire à l'aide de pompes et, dans quelques endroits, à l'aide de pièces de laine qu'on laisse s'en imbiber et qu'on presse ensuite.

6. Bitumes. — Les bitumes sont des roches pâteuses ou solides de carbure d'hydrogène, facilement inflammables, provenant soit de la distillation de la houille, soit de gisements considérables analogues à ceux du pétrole enfouis sous la terre.

L'**asphalte** est un bitume mou qui, mélangé à du sable, sert à former des chaussées dans les villes.

On retire de certains schistes bitumineux des **huiles de schiste**, ou huiles minérales, qu'on emploie pour l'éclairage. C'est le gaz qu'on recueille dans la combustion des schistes bitumineux qui fournit le **gaz portatif**, dont le pouvoir éclairant est supérieur à celui du gaz de houille.

7. Benzine. — La benzine est un carbure d'hydrogène liquide, très volatil, très inflammable, qu'on retire du goudron de houille. Elle dissout le soufre, le phosphore, le caoutchouc, le camphre, les corps gras; et, pour cette raison, elle est employée au dégraissage des étoffes.

Traitée par l'*acide azotique*, la benzine produit la

nitro-benzine qui donne elle-même l'*aniline*, base d'une variété importante de couleurs magnifiques très employés.

8. **Goudron**. — Le *goudron* est un liquide brun, épais, à odeur forte, que dépose le gaz provenant de la distillation de la houille, dans les récipients contenant de l'eau à travers desquels il passe. On l'emploie à une foule d'usages. On en fait du *papier* goudronné imperméable; on en répand sur les *routes* afin d'éviter la poussière ; le pharmacien en fait des *capsules* pour les affections de la gorge et de la poitrine.

9. **Naphtaline**. — La *naphtaline* s'extrait du *goudron* de houille, c'est une substance blanche, à odeur caractéristique. On l'utilise à la place du camphre, pour écarter les *mites*, les *insectes* dans les fourrures et dans les vêtements de laine.

FERMENTATIONS

10. — On entend par **fermentations** des décompositions qui se produisent dans certaines substances organiques, sous l'influence d'êtres organisés microscopiques appelés **ferments**. Ces ferments sont les **microbes**, les **levures**, les **moisissures**. Les germes de ces ferments existent en grande quantité dans l'air atmosphérique et se développent lorsqu'ils rencontrent un milieu propice, en donnant naissance à une fermentation qui varie avec le germe et le milieu. Ils forment alors soit une **fermentation alcoolique**, soit une **fermentation acide**, soit une **fermentation putride**.

Dans la fermentation alcoolique, le ferment est la **levure de bière**; le liquide qui fermente est le **jus sucré des fruits**; le résultat de la fermentation est l'**alcool**.

ALCOOL

11. **Propriétés**. — L'alcool pur est un liquide incolore, d'une odeur agréable, d'une saveur brûlante. On n'a pu le solidifier à aucune température. Sa densité est 0°,8, et il bout à 78°; il brûle avec une flamme pâle,

peu éclairante, mais très chaude; il dissout certaines substances non solubles dans l'eau : iode, essences, résines, camphre, potasse et soude, phosphore.

L'alcool pur est un **poison énergique**; injecté dans les veines, il cause instantanément la mort.

12. Préparation. — *Toutes les fois qu'un liquide sucré fermente, de l'alcool se produit* sous l'influence d'un ferment, le sucre s'est transformé en *alcool* qui reste dissous dans le liquide, et en *gaz carbonique* qui se dégage.

L'alcool est dit **absolu** quand il ne contient pas d'eau; il s'appelle **eau-de-vie** quand il contient au moins autant d'eau que d'alcool; mais, si le mélange contient plus d'alcool que d'eau, on le nomme **esprit**.

Les eaux-de-vie sont le produit de la distillation des liquides sucrés, fermentés. Les bonnes eaux-de-vie proviennent de la **distillation du vin** plusieurs fois répétée : tel est le **cognac** tiré des vins blancs des environs de Cognac fermentés sans pulpe ni rafle, afin de ne pas leur communiquer un goût âcre. La fermentation du jus des fruits à noyau donne le **kirsch**; la mélasse de canne à sucre donne le **rhum**.

13. — Le jus sucré de la **betterave** est également fort employé pour faire l'alcool. Pour cela, on lave, on râpe et on presse les betteraves. Le jus sucré est additionné d'environ $\frac{1}{1000}$ de son poids d'acide sulfurique puis soumis à l'action de la *levure de bière;* la fermentation alcoolique se produit, et des distillations fournissent l'alcool au degré voulu.

Quant au résidu de la compression de la betterave, la pulpe, il est donné aux bestiaux comme nourriture.

14. — Pour fabriquer l'alcool, au lieu d'employer les jus sucrés naturels, on peut encore transformer la **fécule des pommes de terre** ou l'**amidon des grains** en sucre, et provoquer la fermentation de ces sucres; on obtient alors l'alcool de pommes de terre ou l'alcool de grains, dits **alcool d'industrie.**

Pour obtenir l'alcool de pommes de terre, on les lave et on les râpe; la pulpe est alors mélangée avec de l'orge germée et délayée dans l'eau à la température d'environ 50°. L'amidon de la pomme de terre se transforme en **glucose**, c'est-à-dire en sucre. Après refroidissement, on mêle à la masse de la levure de bière qui provoque la fermentation alcoolique; il suffit alors de distiller le liquide obtenu. Mais le produit est très impur et très dangereux à boire.

L'alcool de grain s'obtient de la même façon : on concasse les grains, on les mélange avec de l'orge germée, on ajoute la levure de bière après transformation de l'amidon en glucose, et l'on distille.

15. Usages. — L'alcool, à l'état d'eau-de-vie, est employé comme boisson; tous les alcools sont plus ou moins dangereux; mais les alcools à bon marché que les cabarets servent comme eau-de-vie sont de véritables poisons qui déciment la population française. On se sert de l'eau-de-vie pour la conservation des fruits, cerises, prunes, etc.

C'est dans l'alcool qu'on conserve les pièces anatomiques.

On l'emploie comme *combustible* dans la lampe à alcool et dans les moteurs à alcool; on l'utilise aussi pour l'*éclairage*. En parfumerie, c'est la base de presque tous les produits liquides.

16. Chloroforme. — Lorsqu'on traite l'alcool par le chlorure de chaux, on obtient le **chloroforme**, liquide incolore, d'une saveur sucrée. Les vapeurs de chloroforme provoquent le sommeil et l'insensibilité ; il est employé pour cette raison pendant les opérations chirurgicales. Mais il amène la mort, si son action est trop prolongée ou s'il est respiré à trop forte dose.

17. Éthers. — Les éthers sont des produits obtenus en traitant l'*alcool* par un *acide*.

L'*alcool ordinaire* traité par l'*acide sulfurique* donne l'*éther ordinaire* qui dissout les corps gras, les résines,

le phosphore, l'iode, le soufre et qui, en médecine, est employé comme *anesthésique*.

VIN

18. Propriétés. — Le vin provient de la fermentation du jus du raisin; ses propriétés gustatives différentes dépendent et du vignoble et de l'espèce de vigne, de la température moyenne de l'année qui l'a fourni, et de sa fabrication.

Le vin est formé d'eau dans les proportions de 80 à 90 p. 100, puis d'alcool, de tartre et de nombreuses autres substances en très faibles proportions.

19. Préparation. — Pour faire le vin, on écrase le raisin dans de grandes cuves en bois (fig. 476). Bientôt ce liquide sucré fermente; on dit qu'il bout. Les matières solides du grain, la grappe et sa pulpe, constituant le **marc**, s'élèvent à la surface de la liqueur en une croûte appelée **chapeau**. Lorsque la fermentation se ralentit, on soutire le vin et on le met en tonneaux; on laisse pendant quelque temps la bonde ouverte, à cause de la fermentation qui n'est pas toujours achevée. Peu à peu le vin s'éclaircit; on le **colle**. Pour faire cette dernière opération, on bat des blancs d'œufs qu'on verse dans le vin; l'albumine de l'œuf, en se coagulant, forme une espèce de filet qui entraîne au fond du tonneau toutes les matières qui s'y trouvaient en suspension.

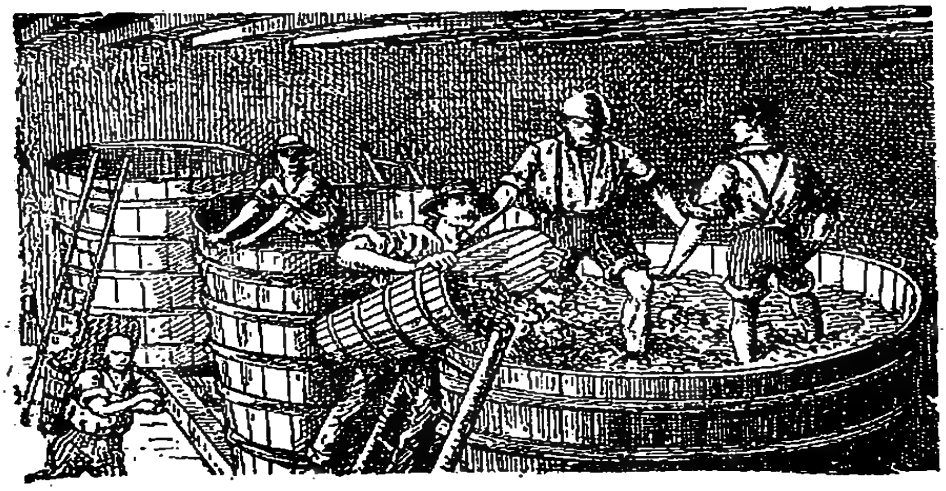


Fig. 476. — Foulage des raisins dans la fabrication du vin.

Si on veut obtenir du **vin blanc**, on peut le fabriquer avec du raisin blanc. Mais on peut le faire avec le raisin rouge en prenant le soin de soutirer le jus sucré avant la fermentation, parce que la matière colorante

du vin qui se trouve seulement dans la pellicule du raisin n'est soluble que dans l'alcool; or, si l'on soutire le jus avant que l'alcool se soit produit, le vin sera blanc ou à peine rosé.

La préparation des **vins de Champagne** demande des manipulations délicates et nombreuses; elle a pour but de gorger le vin d'anhydride carbonique. Pour cela, on ajoute au vin en bouteilles un peu de sucre candi, et l'on bouche. Le sucre fermente, produit de l'anhydride carbonique qui, ne pouvant pas s'échapper à cause du bouchage parfait de la bouteille, se dissout dans le vin et le rend mousseux.

BIÈRE

20. — Pour fabriquer la *bière*, on fait d'abord germer de l'orge afin de transformer l'amidon qu'elle contient en matière sucrée, en *glucose*. L'orge ainsi germée et débarrassée de ses germes et racines est broyée entre des meules. On obtient le *malt* qu'on jette dans de l'eau chaude qui en dissout le glucose. On soutire; on a le *moût* qu'on fait bouillir avec du *houblon* dans de grandes chaudières. On laisse refroidir, puis on ajoute de la *levure de bière* qui provoque la *fermentation* et développe l'*alcool*. Après deux ou trois jours, l'opération est achevée; on *soutire* la bière qu'on met dans des tonneaux, qu'on a soin de ne pas boucher hermétiquement, il faut encore craindre un reste de fermentation qui pourrait faire éclater les fûts.

CIDRE

21. — Le cidre est encore une boisson fermentée, tirée du jus des pommes.

Pour le préparer, on écrase les pommes; puis, après les avoir humectées d'eau, on les soumet à l'action d'une forte presse qui en extrait tout le jus (fig. 477). Ce jus est mis alors dans des tonneaux ouverts, où la fermentation s'achève.

Si on le met en bouteilles avant que la fermentation soit achevée, on obtient du cidre mousseux qui conserve son goût sucré. Mais, laissé en fût, il prend, moins vite que le vin et la bière, un goût plus ou moins prononcé d'acidité.

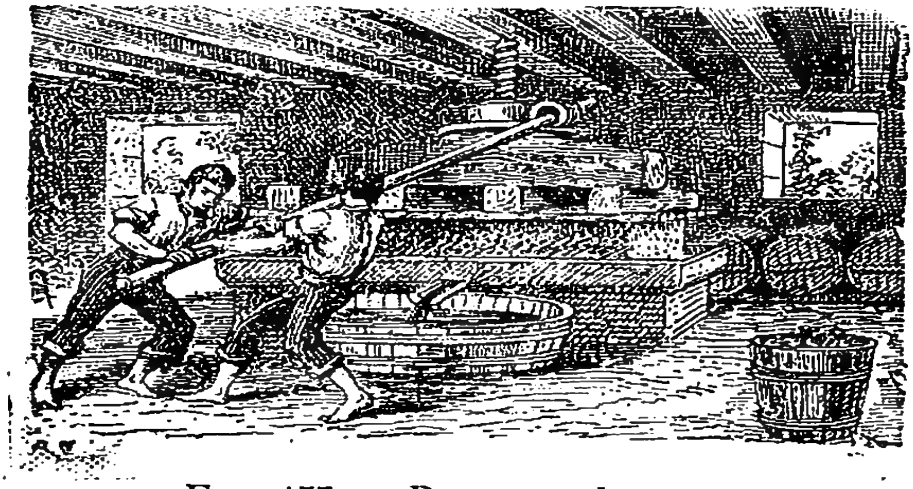


FIG. 477. — Pressage des pommes dans la fabrication du cidre.

Le **poiré**, obtenu avec le jus des poires, se prépare de la même façon que le cidre.

RÉSUMÉ

1-9. Chimie organique. — Carbures d'hydrogène. — *Pétroles :* éther de pétrole, essence, pétrole commercial, paraffine, vaseline.

Huile lampante. — C'est-à-dire pouvant être utilisée dans les lampes, produite par distillation en séparant les produits trop ou trop peu volatils.

Essence de pétrole. — Employée dans les lampes à essence, à éponge, très dangereuse par son inflammabilité même à distance.

Bitumes : asphalte.

Benzine; goudron : essence de térébenthine.

10. Fermentations. — *Ferments* (microbes, levures, moisissures).

11-17. Alcool. — Se produit dans la fermentation de tout liquide sucré, sous l'influence de la levure de bière. *Alcool absolu*, absolument pur; *eau-de-vie*, autant d'eau que d'alcool; *esprit*, plus d'alcool que d'eau.

Cognac, distillation du vin; *eau-de-vie de betterave, de grain.* Conservation des fruits, des pièces anatomiques.

Chloroforme. — Éthers.

18-19. Vin. — Jus de raisin fermenté. *Vin blanc ; vin rouge*, matière colorante dans la pellicule; *vin de Champagne.*

20. Bière. — Germination de l'orge; malt; moût; fermentation.

21. Cidre. — Jus fermenté des pommes; *poiré.*

EXPÉRIENCES A FAIRE

1. Verser quelques gouttes de pétrole sur une assiette; quelques gouttes d'essence de pétrole sur une autre assiette, et montrez la différence d'inflammabilité.
2. Faire dissoudre de la cire dans de la benzine.
3. Enlever, au moyen de la benzine, une tache de graisse sur une étoffe.
4. Faire un mélange d'eau et d'alcool, et faire sentir l'élévation de la température.
5. Faire germer de l'orge sur de la mousse humide; faire goûter les grains débarrassés des germes et des racines.

Questionnaire.

1. Quels sont les éléments qui constituent la plupart des substances organiques? — **2.** Nommez des carbures d'hydrogène? — **3.** Qu'est-ce que le pétrole? — **4.** Comment se fait la distillation du pétrole brut, et qu'obtient-on tout d'abord en dessous de 70°? — entre 70° et 120°? — entre 120° et 280°? — au-dessus de 400°? — **5.** Parlez de l'huile lampante? — de l'essence de pétrole? — Où trouve-t-on des puits de pétrole? — Qu'est-ce que le naphte? — De quoi provient la paraffine et à quoi sert-elle? — **6.** Qu'est-ce que le bitume? — Que retire-t-on des schistes bitumeux? — **7.** Que savez-vous sur la benzine? — **8.** Le goudron? — **9.** La naphtaline? — **10.** Qu'entendez-vous par fermentations? — **11.** Indiquez les propriétés de l'alcool. — **12-14.** Dans quel cas se produit-il un alcool? — Qu'est-ce que l'eau-de-vie? — Qu'appelle-t-on esprit? — **15.** Quels sont les usages de l'alcool? — Comment fabrique-t-on les alcools d'industrie? — **16.** De quoi est formé le chloroforme? — Quel est son usage? — **17.** Qu'est-ce qu'un éther? — Comment obtient-on l'éther ordinaire? — Quel en es l'usage? — **18.** D'où provient le vin? — **19.** Comment le fait-on? — Comment obtient-on du vin blanc? — Comment rend-on le vin de Champagne mousseux? — **20.** Avec quoi fait-on la bière? — Quelle est la substance qui lui communique son goût amer? — **21.** Comment fait-on le cidre?

RÉDACTION : Indiquez comment se fait la fabrication du vin rouge, du vin blanc, du vin de Champagne?

CHAPITRE XXXII

CORPS GRAS — SUCRES

CORPS GRAS

1. Propriétés. — Les corps gras sont des substances onctueuses au toucher, laissant sur le papier une tache translucide, moins denses que l'eau et solubles dans l'alcool et les essences.

Les trois principaux sont : l'**oléine**, la **margarine** et la **stéarine**, le premier liquide, le second pâteux, le troisième solide, qui se mélangent en proportions variables, avec quelques autres en petite quantité, pour former toutes les huiles, les beurres, les suifs et les graisses.

Chacun de ces corps gras est formé de la combinaison de la **glycérine** avec les acides gras **oléique, stéarique, margarique.**

Ainsi, la stéarine est l'union de l'acide stéarique et de la glycérine.

La **stéarine** existe en grande abondance dans la graisse de bœuf et le suif de mouton; elle y est mélangée à un peu d'oléine et de margarine.

La **margarine**, plus molle, se trouve dans la graisse humaine, et surtout dans l'huile de palme. Elle est la plus abondante dans le beurre et le saindoux.

L'**oléine** s'obtient surtout en refroidissant l'huile d'olive à 0°; la margarine se fige; l'oléine reste liquide; on la décante.

2. Huiles. — Les huiles sont des corps gras liquides, d'origine végétale, qu'on extrait par compres-

sion (fig. 478) de graines ou de fruits oléagineux. Elles sont un mélange d'oléine et de margarine.

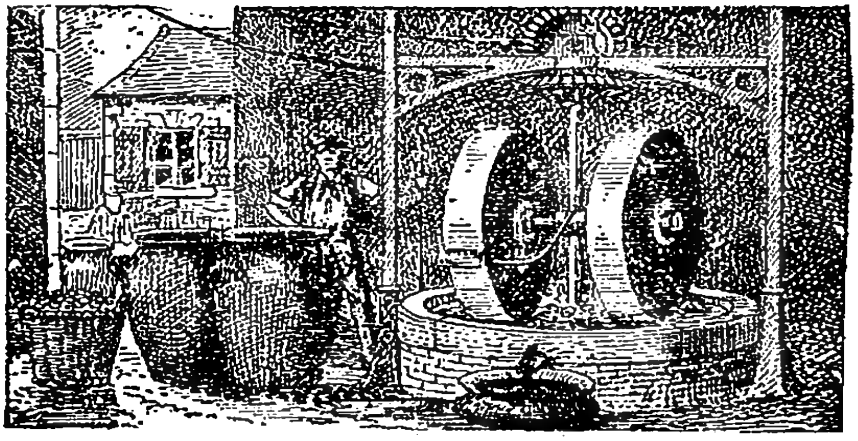


Fig. 478. — Pressage des olives pour l'extraction de l'huile.

Les huiles épurées par l'acide sulfurique sont employées à l'éclairage.

L'huile d'olives vierge, est l'huile obtenue par une première compression modérée des olives : elle est douce, un peu verte et très recherchée pour la table.

Les huiles servent à la fabrication des savons. L'huile de lin est siccative et sert en peinture.

Il y a également des huiles d'origine animale (huile de baleine, de foie de morue).

3. Graisses. — Les graisses sont des corps gras, mous, mais plus ou moins solides, d'origine animale. La margarine et la stéarine y prédominent. Les **beurres** sont souvent falsifiés avec de la margarine retirée des suifs.

La graisse est employée dans l'alimentation.

Le nom de suif est réservé à la graisse des herbivores (bœufs, moutons); c'est avec le suif qu'on fait les **chandelles**.

BOUGIES

4. Bougies stéariques. — Les bougies sont faites avec de l'acide stéarique gardant un peu d'acide margarique, que l'on extrait du suif de bœuf.

Pour séparer l'acide stéarique de la glycérine contenue dans le suif, il faut en dégager la glycérine. Ce dédoublement de stéarine (et margarine) en glycérine et acides gras s'appelle **saponification**.

La saponification se fait dans de grandes cuves en

bois, à la température de 150° et grâce à l'intervention de la chaux, puis de l'acide sulfurique.

La chaux, se combinant avec les acides gras des corps gras mis dans la cuve, forme un savon calcaire : oléate, margarate, et surtout stéarate de chaux, qui, insoluble, tombe au fond de la cuve. Quant au liquide, on le décante et on en extrait la glycérine. Le savon calcaire recueilli est alors traité par l'acide sulfurique dans une cuve semblable à la précédente ; il se forme un sulfate de chaux encore insoluble qui se dépose, et les acides gras surnagent à la partie supérieure de l'eau. Ils sont décantés, lavés et pressés, lorsqu'ils sont refroidis et solidifiés, entre de grosses toiles qui retiennent l'acide stéarique et une partie de l'acide margarique.

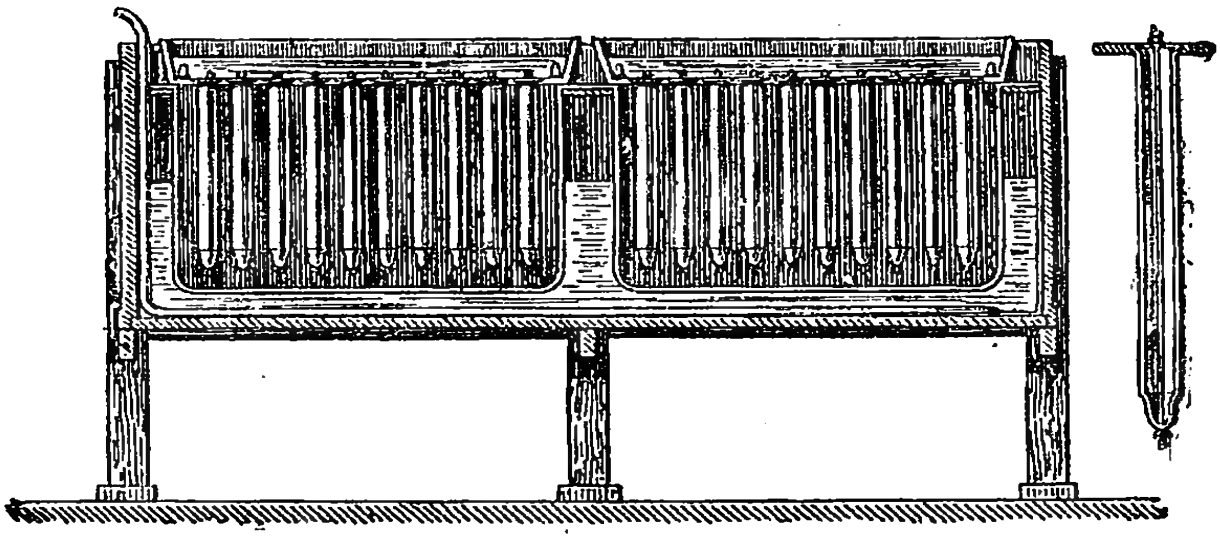


Fig. 479. — Moule à bougies.

Dès que ces acides gras, où domine l'acide stéarique, sont obtenus, on les coule fondus dans un vaste entonnoir (fig. 479), communiquant avec des moules cylindriques terminés en cône, et dans l'axe de chacun desquels se trouve tendue une mèche de coton tressé, imprégnée d'acide borique. L'acide stéarique se solidifie, puisqu'il se refroidit, et prend l'aspect connu des bougies, qu'on retire des moules et qu'on fait blanchir à la lumière. L'acide borique qui imprègne la mèche

est destiné à transformer les cendres en verre fusible : ce qui fait que la bougie se mouche d'elle-même et ne fume pas.

C'est grâce aux savantes recherches de Gay-Lussac et de M. Chevreul que nous avons pu remplacer l'éclairage à la chandelle par celui de la bougie, dont la supériorité n'a pas besoin d'être démontrée.

5. **Chandelles.** — La fabrication des **chandelles** est plus simple. On fait fondre du suif au bain-marie et on le coule dans les moules semblables à ceux que nous venons d'employer pour les bougies, dans l'axe desquels est tendue une mèche de coton.

SAVONS

6. — Les savons sont des sels formés des acides gras et de la base soude ou potasse ; ce sont pour les chimistes des **stéarates, margarates, oléates de sodium** ou de **potassium.**

Pour les fabriquer, on place dans une chaudière et on soumet à l'action du feu une lessive de soude, ou de potasse, à laquelle on mélange peu à peu le corps gras, celui-ci se dédouble en acide qui fait un sel avec la base : c'est le savon, et en glycérine qui est précipitée et soutirée; on ajoute ensuite de l'eau fortement chargée de chlorure de sodium; le savon insoluble dans l'eau salée, surnage sous l'aspect d'une couche huileuse. On laisse refroidir, la croûte s'épaissit ; on la décante. Purifiée de nouveau par des lavages à l'eau salée, la pâte est coulée dans les moules rectangulaires et coupée en pains lorsqu'elle est complètement solidifiée.

Les marbrures des savons s'obtiennent en mélangeant à la pâte certains oxydes métalliques, et en refroidissant brusquement afin d'éviter qu'ils ne se déposent.

Les savons à base de soude sont les savons **durs** ; ceux qui ont pour base la potasse sont les savons **mous**.

Les savons sont utilisés pour le blanchissage du

linge; ils ont comme effet de s'unir à la matière grasse qui tache le linge, pour former une mousse abondante qu'un rinçage à l'eau suffit à chasser.

Le savon est employé à la toilette, et dans ce cas on mêle à la pâte des essences qui l'aromatisent.

7. Glycérine. — La glycérine est un produit accessoire de la saponification des corps gras.

C'est un liquide incolore, huileux et d'une saveur sucrée. On l'utilise en médecine pour le pansement des plaies et en pharmacie pour la préparation de certains médicaments. Mêlée à d'autres substances, on en fait des savons de toilette.

Quelques gouttes de glycérine jetées sur un mélange d'acide azotique et d'anhydride sulfurique produisent une substance très explosive sous l'influence de la chaleur ou d'un choc : la *nitro-glycérine*.

Mélangée avec du sable fin, la nitro-glycérine devient la *dynamite*, substance très dangereuse à manier, mais qui rend de grands services dans l'exploitation des mines et des carrières, etc.

SUCRE

8. Propriétés. — Le sucre ordinaire est un solide blanc à reflets brillants, d'une saveur douce et caractéristique.

Chauffé vers 200°, il se transforme en une matière brun noirâtre : le **caramel**.

Le sucre est soluble dans la moitié de son poids d'eau froide et très soluble dans l'eau chaude.

Lorsqu'on abandonne, par refroidissement, une dissolution concentrée de sucre, le liquide laisse déposer de beaux cristaux jaunâtres qui constituent le **sucre candi**.

Il est obtenu généralement en versant la dissolution dans des bassines de cuivre tendues de fils et maintenues dans une étuve qu'on refroidit lentement; la cristallisation se produit autour des fils.

Une dissolution plus concentrée et versée dans des

moules coniques renversés et percés à leur sommet se prend en une masse à cristallisation très confuse, et constitue le **sucre en pains**.

Lorsqu'on évapore rapidement une dissolution concentrée de sucre, et qu'on coule la dissolution sirupeuse sur une table de marbre enduite d'huile, la masse se prend en un sucre connu sous le nom de **sucre d'orge**. Pour le **sucre de pomme**, on ajoute au sucre de la gelée de pomme.

9. Etat naturel. — Le sucre ordinaire (**saccharose**) existe surtout dans la canne à sucre et la betterave ; on le trouve d'ailleurs, mais en plus petite quantité, dans tous les sucs végétaux, surtout dans les tiges.

10. Préparation. — Pour extraire le sucre de la canne à sucre, on écrase celle-ci sous des presses ; il en résulte un jus sucré appelé **vesou**, et il reste une partie ligneuse nommée **bagasse**.

Le vesou est ensuite débarrassé de ses substances albuminoïdes, qui provoqueraient sa fermentation : c'est la **défécation** ; pour cela, on l'additionne de chaux et on porte le tout à l'ébullition dans une chaudière chauffée seulement par de la vapeur d'eau. On écume plusieurs fois la liqueur, on la **filtre** et on **décolore** au noir animal.

Ensuite on procède à l'évaporation dans le vide, appelée encore **cuite**. La cuite est poussée jusqu'à l'apparition de petits cristaux; on dirige alors le liquide dans des **rafraîchissoirs**, où il se refroidit et continue à cristalliser; ces cristaux constituent le sucre brut ou *cassonade*.

Le liquide sucré, duquel on a extrait le sucre brut, sert, après fermentation, à la fabrication du rhum.

Le sucre de la betterave s'obtient de la même façon; après avoir pressé la pulpe, on défèque, on filtre, on décolore et on cuit le jus.

Pour **raffiner** le sucre brut, on le dissout dans le tiers de son poids d'eau chaude, on y ajoute du noir animal, puis du sang de bœuf quand la liqueur com-

mence à bouillir, et l'on brasse le tout. L'albumine du sang se coagule, tombe au fond de la chaudière, en entraînant avec elle toutes les impuretés en suspension. Le liquide clarifié est soutiré, filtré à travers des filtres en étoffe, et décoloré au noir animal.

On le concentre ensuite et on le refroidit ; les cristaux de sucre se forment, la masse s'épaissit ; on l'introduit alors dans des **formes** ou **moules coniques** renversés, à sommet ouvert. Les pains de sucre sont ensuite séchés à l'étuve.

GLUCOSE

11. — La *glucose* ou sucre de raisin est un sucre produit par l'amidon et la fécule, qu'on traite par l'acide sulfurique ; elle est jaunâtre et sensiblement moins sucrée que le sucre ordinaire. On la trouve tout naturellement formée à la surface de certains fruits secs, tels que raisins secs, pruneaux, etc. C'est la glucose qu'on emploie pour le sucrage des vins, pour la fabrication de la bière, du pain d'épices, du caramel, etc.

RÉSUMÉ

1-3. Corps gras. — *Glycérine + acide gras.*

4-5. Bougies. — *Acides stéarique* et *margarique* extraits du suif de bœuf. Fabrication des bougies et des chandelles.

6. Savons. — *Oléates de soude* ou de *potasse ;* savons *durs* ou *mous.*

7. Glycérine. — La *glycérine* est le produit accessoire de la saponification des corps gras : *savon de toilette, nitro-glycérine, dynamite.*

8-10. Sucre. — Tiré des sucs végétaux ; *canne à sucre, betterave. Sucre candi,* évaporation d'une dissolution de sucre ; *sucre d'orge,* évaporation rapide d'une dissolution concentrée de sucre, pâte coulée sur table de marbre enduite d'huile ; *sucre de pomme,* gelée de pomme, ajoutée au sucre d'orge. Préparation du sucre.

11. Glucose. — Sucre extrait de l'amidon et de la fécule.

EXPÉRIENCES A FAIRE

1. Faire une tache d'huile sur du papier blanc, montrer la transparence du papier.
2. Chauffer de l'huile avec de la chaux ou de la soude; montrer le savon qui se forme et la glycérine qui surnage.
3. Montrer une bougie et une chandelle, et faire apprécier la différence entre la bougie et le suif.
4. Faire goûter de la glycérine.
5. Pressurer une betterave pour en extraire le jus; faire chauffer ce jus dans une casserole jusqu'à ce qu'il ne reste plus au fond du vase que du sucre.

Questionnaire.

1. Qu'appelle-t-on corps gras? — Querentre-t-il dans la composition de tout corps gras? — Nommez les acides gras — D'où extrait-on l'oléine, la stéarine, la margarine ou palmitine? — **2**. D'où provient l'huile? — Quels en sont les usages? — **3**. De quoi sont formées les graisses? — **4**. Avec quoi fait-on les chandelles? les bougies? — Qu'entend-on par saponification? — Comment fabrique-t-on les bougies stéariques? — **5**. Et les chandelles? — A qui doit-on l'invention des bougies? — **6**. Qu'est-ce que le savon? — De quoi sont formés les savons durs, les savons mous? — Comment agissent les savons dans le lessivage? — **7**. Qu'est-ce que la glycérine? — Qu'est-ce que la nitro-glycérine? la dynamite? — **8**. Qu'est-ce que le sucre? — Qu'est-ce que le caramel — **9**. Comment obtient-on le sucre candi? — Qu'est-ce que le sucre d'orge, le sucre de pomme? — **10**. Comment prépare-t-on le sucre? — **11** Comment fabrique-t-on la glucose? — La trouve-t-on à l'état naturel?

Rédaction: Dites comment se fabriquent les bougies; indiquez auparavant comment on obtient l'acide stéarique dont elles se composent.

CHAPITRE XXXIII

MATIÈRES AMYLACÉES

FÉCULE — AMIDON

1. — La fécule et l'amidon sont des substances dites amylacées qui se présentent sous forme de poussière blanche, formée de petits grains ovoïdes, insolubles dans l'eau froide. Lorsqu'on les plonge dans l'eau bouillante, ils se gonflent et forment une masse gélatineuse et translucide, l'**empois**, qui sert à empeser le linge.

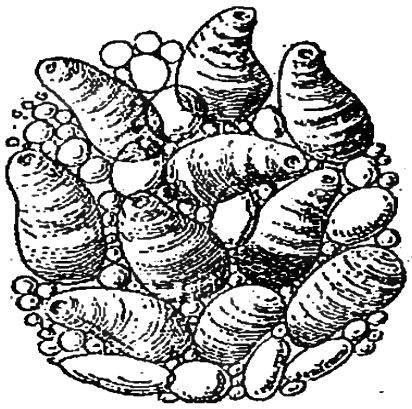


Fig. 480.
Fécule de tubercule.

La propriété caractéristique de l'empois, c'est de se colorer en bleu par l'iode.

La fécule des tubercules (fig. 480) diffère de l'amidon des céréales (fig. 481) par ses grains plus gros et jaunâtres, tandis que l'amidon est très blanc.

La fécule s'extrait de la pomme de terre, et l'amidon est retiré des céréales : blé, seigle, avoine, orge, maïs, riz. Le marron d'Inde et quelques plantes exotiques fournissent aussi des fécules estimées (tapioca, sagou).

Fig. 481.

2. Extraction de la fécule.— Après que les pommes de terre ont été bien lavées, on les râpe, et on obtient une pulpe fine. Cette pulpe, placée sur une toile métallique à mailles très serrées (fig. 482), est soumise à l'action d'un mince filet d'eau qui détermine la séparation de la pulpe et de la fécule; celle-ci passe

à travers le tamis et se trouve recueillie dans un vase. La fécule entraînée par l'eau est bien lavée, puis versée sur du plâtre qui en absorbe l'humidité.

La *fécule de pommes de terre* de même que le *tapioca*, ou fécule extraite des racines du *manioc*, sont alimentaires. La fécule sert à fabriquer la *dextrine*, substance gommeuse utilisée pour l'encollage du papier, l'apprêt des étoffes; traitée par l'acide sulfurique elle produit en outre la *glucose*.

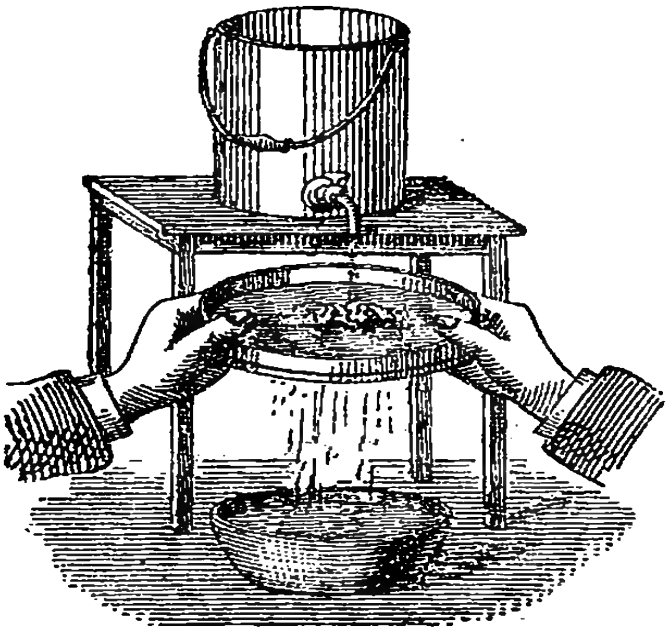


Fig 482.
Extraction de la fécule.

3. Extraction de l'amidon. — On réduit en pâte la farine; puis on pétrit mécaniquement cette pâte sous plusieurs filets d'eau dans une cuve demi-cylindrique appelée *amidonnier;* l'eau entraîne l'amidon qui se dépose, il suffit ensuite de le laver et de le sécher; il est resté dans l'amidonnier le *gluten*.

Un autre procédé consiste à détruire le gluten en faisant fermenter la pâte. Un lavage entraîne l'amidon.

L'amidon sert à faire l'*empois* des blanchisseurs; on en fabrique aussi de la *colle à papier*.

FARINE — GLUTEN

4. — La farine est ce qu'on obtient après la mouture des grains débarrassés, par un tamisage, de leur enveloppe appelée **son**. Elle est blanche, pulvérulente, douce au toucher, formant avec l'eau une pâte liante.

La farine renferme : de l'**amidon**, un peu d'**albumine**, matière première du blanc d'œuf; du **gluten**, qui ressemble à la **fibrine**, matière de nos muscles (c'est l'élément azoté du pain) et de la **caséine**, substance que l'on rencontre dans le lait.

Ainsi, de l'amidon, de l'œuf, de la viande, du lait, telles sont les substances que contient une bouchée de pain.

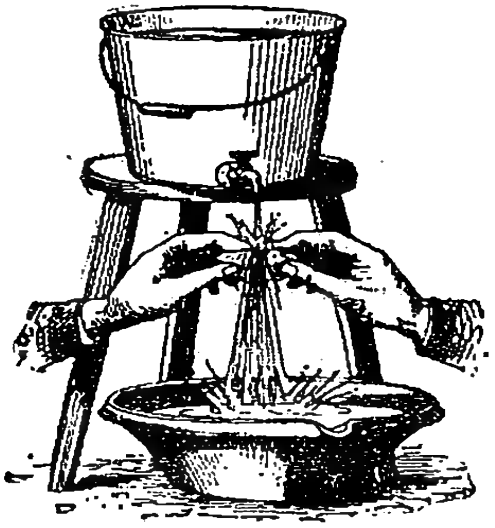


Fig. 483.
Extraction du gluten.

On peut facilement séparer le **gluten** de la farine ; il suffit de pétrir dans ses doigts, sous un mince filet d'eau, la pâte faite avec de la farine (fig. 483). L'eau entraîne l'amidon et l'albumine, et il reste le gluten, substance gris jaunâtre, se laissant facilement pétrir, élastique. C'est lui qu'on sent dans la bouche, lorsqu'on mâche pendant quelques instants des grains de blé.

C'est le gluten qui communique à la pâte son élasticité et qui permet à celle-ci de **lever** sous l'influence du **levain**.

Mais c'est lui aussi qui se putréfie à l'air humide et qui cause l'altération des farines, car l'amidon ne subit aucune modification, placé dans les mêmes conditions.

5. Panification. — Pour fabriquer le pain, on délaye de la farine avec 60 p. 100 de son poids d'eau, en ajoutant à la masse du sel et du **levain** (pâte de la veille) ou de la levure de bière. La pâte, soumise au pétrissage à bras ou à la mécanique, est ensuite divisée en pannetons et abandonnée à la fermentation dans le voisinage du four. Sous l'influence de la levure, l'amidon se transforme en matière sucrée, en *glucose*, qui fermente et se transforme en alcool et en acide carbonique. Ce gaz soulève la pâte, la rend poreuse et légère. Une fois la pâte ainsi **levée**, on l'**enfourne** dans des fours de forme elliptique, préalablement portés à 300° par une combustion de bois sec. Par la cuisson, qui dure environ une demi-heure, mais est plus longue pour les gros pains que pour les petits, la pâte aug-

mente encore de volume par suite de la dilatation de l'acide carbonique ; sa surface se durcit et se caramélise par la fusion de la glucose.

Avec 100 kilogrammes de farine on peut obtenir 135 kilogrammes de pain.

MATIÈRES CELLULOSIQUES

6. — A côté des matières amylacées dont il vient d'être question, il faut placer des substances de composition analogue dites **matières cellulosiques**, parce que la **cellulose** en forme la plus grande partie. La cellulose constitue les parois des cellules végétales : la moelle du sureau, le coton, le vieux linge, le papier à filtrer ; les beaux papiers en sont presque uniquement composés

CELLULOSE

7. Propriétés physiques. — La cellulose est un corps solide, blanc, sans odeur, sans saveur, de densité 1,5.

8. Propriétés chimiques. — La cellulose est décomposée par la chaleur : elle donne par distillation : de l'esprit-de-bois, de l'acide acétique, des goudrons et un résidu de carbone.

L'acide sulfurique étendu se combine à la cellulose et la modifie : c'est par l'action de cet acide étendu sur le papier qu'on obtient le **papier parchemin végétal.**

L'acide azotique la transforme en **nitro-cellulose**, dont la forme la plus connue est le **fulmicoton** ou **coton-poudre**, explosif violent et dangereux. Sa dissolution dans un mélange d'alcool et d'éther donne le **collodion.**

9. Usages. — Le *collodion* sert en *médecine* pour recouvrir les plaies, rapprocher les lèvres d'une blessure. En *photographie*, on l'a beaucoup employé pour recouvrir les glaces et certains papiers ; il est souvent remplacé aujourd'hui par la *gélatine.*

Il sert encore à rendre plus facilement transportables les manchons des becs Auer.

Ces manchons sont composés d'un tissu tricoté de coton, imprégné d'une solution de divers sels.

Une fois le manchon sec, on le met dans une flamme ; le coton brûle et il ne reste plus que les sels desséchés qui gardent la forme du tissu ; mais, ainsi fabriqués, ces manchons sont très fragiles. On les trempe alors dans du collodion qui leur donne une certaine solidité. Une fois le manchon mis en place, quand on allume le bec pour la première fois, le collodion brûle complètement et instantanément, et il reste un manchon uniquement composé de sels dont l'incandescence donne un éclat particulier à la flamme.

La cellulose est encore employée pour fabriquer le **celluloïd** : c'est un mélange de coton-poudre et de camphre ; il est très inflammable. Mais, comme il possède des qualités de transparence et de résistance et que, de plus, on peut le mouler, on l'utilise pour fabriquer divers objets comme les peignes, les épingles à cheveux, des balles, des billes de billard. Avec lui on imite l'écaille, la corne. En le mélangeant d'huile, on lui donne de la souplesse et on en fabrique le linge dit **linge américain**.

Enfin et surtout la cellulose est la matière première du **papier**.

FABRICATION DU PAPIER

10. — Le papier fut d'abord uniquement préparé avec des déchets de *linge* et du *coton;* mais la consommation croissante a obligé de recourir à une foule d'autres matières, et on emploie maintenant, outre les chiffons, la *paille de blé*, de maïs, les feuilles de l'*alfa*, le *bois* de sapin ou d'autres bois blancs.

Les matières sont triturées avec de l'eau et réduites en une espèce de bouillie, qu'on décolore par du *chlorure de chaux* et qu'on *colle* avec de la *dextrine* ou de l'*empois;* puis on l'étend à la main pour les papiers de

luxe, mécaniquement (fig. 484) pour les papiers ordinaires sur des toiles métalliques, où la pâte s'égoutte, se feutre et prend consistance. Elle est ensuite séchée

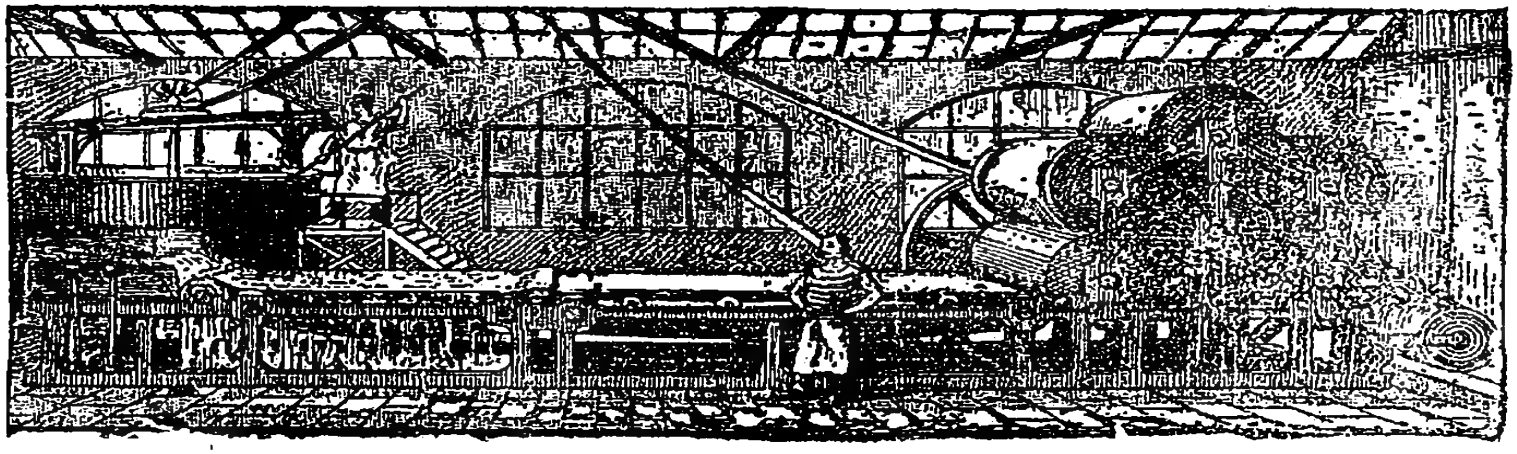


FIG. 484. — Fabrication mécanique du papier.

soit à l'air libre, soit en passant entre les cylindres garnis de feutre et des laminoirs chauffés. Mais ce papier a besoin d'être encollé; pour cela on le trempe dans une solution *de gélatine et d'alun* : après nouveau séchage, le papier est prêt.

GOMMES

11. — C'est encore aux matières amylacées que se rattachent les **gommes**. Traitées par des acides étendus, elles donnent des glucoses; avec l'acide azotique, elles donnent à la longue de l'acide oxalique.

La **gomme arabique** qui, aujourd'hui, vient surtout du Sénégal, se recueille sur un acacia; dans nos régions, on la trouve sur la plupart des arbres fruitiers, cerisiers, pruniers, etc. On n'a qu'à recueillir et à laisser solidifier le suc qui s'écoule de ces arbres.

La gomme arabique est soluble dans l'eau. Elle sert comme colle et surtout dans l'apprêt des tissus; on l'utilise aussi pour la fabrication du *sirop de gomme*.

La **gomme adragante** est sécrétée par certaines variétés de cactus. On la recueille comme la gomme arabique. Elle est insoluble dans l'eau. Elle est aussi employée pour l'apprêt des tissus.

ESSENCES ET RÉSINES

12. — Les **essences** sont généralement tirées des végétaux ; ce sont des produits volatils, parfumés, de consistance huileuse. On les emploie en parfumerie : essences de romarin, de citron, de bergamote, entrant dans la composition de l'eau de Cologne.

13. Essence de térébenthine. — Elle existe dans le suc résineux qui s'écoule du pin maritime ; cette résine est distillée en présence de l'eau : l'essence distille avec l'eau ; il reste dans l'alambic de la **colophane.**

L'essence de térébenthine dissout le soufre, le caoutchouc, les résines, les corps gras.

Elle sert également dans la peinture pour aider à la dessiccation de l'huile.

En dissolvant de la résine dans de l'essence de térébenthine, on obtient des **vernis** ; pour donner de la souplesse au vernis, on mélange généralement l'essence avec des huiles grasses.

14. Résines. — Les **résines** sont le plus souvent le résultat de l'oxydation d'une essence par l'air. Les principales résines sont la colophane extraite, comme nous venons de le voir, du pin maritime (fig. 485), et le copal. Elles servent dans la fabrication des vernis.

Fig. 485. — Récolte de la résine

Le **succin**, ou ambre jaune, est une résine fossile.

15. Caoutchouc. — Le **caoutchouc** s'extrait, lui aussi, de certains arbres tels que le **Siphonia Catechii** et le **Ficus elastica.**

Son élasticité ne se conserve pas à l'état naturel ; le

froid le rend cassant ; la chaleur le ramollit. Pour lui conserver son élasticité, on le **vulcanise** en le combinant au soufre. Pour cela, on chauffe vers 130°, dans une marmite pleine d'eau et fermée, un mélange de caoutchouc en morceaux et de soufre.

Le **caoutchouc durci**, ou **ébonite**, est un caoutchouc vulcanisé contenant beaucoup plus de soufre.

On l'emploie pour la confection de divers objets, peignes, porte-plumes et comme isolant dans les appareils électriques.

Le caoutchouc a une multitude d'usages : on en revêt les vêtements pour les rendre imperméables ; on en fait des tuyaux de conduite pour le gaz, des tuyaux pour l'arrosage des jardins, des bandages pour les roues de voitures ou de cycles, des ballons, des jouets.

La **gomme élastique**, qui sert pour effacer l'encre ou le crayon, est un mélange de caoutchouc et de verre pilé : d'où le danger de dévorer — comme le font beaucoup d'enfants — les gommes à effacer.

D'autres résines sont la gomme-gutte, soluble dans l'eau, qui donne une couleur jaune ; la myrrhe, l'encens, l'opoponax.

RÉSUMÉ

1-3. Matières amylacées. — **Fécule**, extraite de la pomme de terre ; **amidon**, extrait des céréales ou des légumineuses *Empois*, coloré en bleu par l'iode.

4. Farine. — Produit de la mouture des céréales. *Son*. La farine renferme : *amidon*, *albumine*, *fibrine*, *caséum*. *Gluten*, partie de la farine formée de fibrine et de caséum.

5. Panification. — Action des levains sur la pâte.

6-14. Matières cellulosiques. — *Cellulose*. *Papier :* sa fabrication, blanchiment de la pâte ; papier à la forme ; papier mécanique. Coton-poudre. Celluloïd.

15. Caoutchouc. — Gommes et résines.

EXPÉRIENCES A FAIRE

1. Faire tomber un mince filet d'eau sur un morceau de pâte de farine qu'on pétrit entre les doigts ; laisser déposer ce que l'eau a entraîné : on a l'amidon.

2. Montrer que l'amidon est insoluble dans l'eau ; il la trouble momentanément et se dépose au fond.
3. Opérer sur un peu de pulpe de pomme de terre comme on l'a fait sur la pâte de farine: on aura de la fécule.
4. Montrer de la moelle de sureau bien sèche et du papier à filtrer; faire sentir la ressemblance.
5. Faire dissoudre de la cire dans de l'essence de térébenthine.
6. Montrer du caoutchouc très élastique, du caoutchouc vulcanisé, de l'ébonite, de la gomme à effacer.

Questionnaire.

1-3. D'où extrait-on l'amidon ? la fécule ? — Quelles sont leurs propriétés ? — **4.** Que renferme la farine ? — Comment sépare-t-on le gluten de la farine ? — **5.** Comment fabrique-t-on le pain ? — Quelles actions chimiques se produisent dans la panification? — **6.** Qu'entendez-vous par matières cellulosiques ? — **7-8.** Que savez-vous de la cellulose ? — **9.** Quels sont ses usages ? — **10.** Comment fabrique-t-on le papier ? — **11.** Que savez-vous des gommes ? — **12.** Qu'entendez-vous par essence ? — **13.** Que savez-vous de l'essence de térébenthine ? — **14.** Des résines ? — **15.** Du caoutchouc ?

Rédaction : Indiquez comment on fait le pain ; à quoi sert le levain et quel phénomène il produit dans la pâte. Montrez comment se fait la cuisson.

CHAPITRE XXXIV

ACIDES VÉGÉTAUX OU ORGANIQUES

1. Acide oxalique. — L'acide oxalique se trouve dans l'oseille à l'état de **sel d'oseille** (oxalate de potassium) et dans certaines plantes marines. On peut l'en extraire; on peut aussi l'obtenir en oxydant l'amidon par l'acide azotique.

C'est un corps très vénéneux. Sa dissolution dans l'eau, appelée *eau de cuivre*, est aussi un poison.

L'acide oxalique est employé au nettoyage du cuivre; il enlève les taches d'encre sur le linge. Dans les fabriques d'indienne, on s'en sert comme rongeant. La médecine l'emploie pour en faire des pastilles rafraîchissantes.

2. **Acide tanique ou tanin** — Le tanin se trouve dans l'écorce de presque tous nos arbres, mais en plus grande abondance dans l'écorce du *marronnier*, du *chêne*, dans le *brou de noix* et dans la *noix de galle*, excroissance qu'on rencontre parfois sur la feuille du chêne et qui est produite par la piqûre d'un insecte.

Le tanin est un corps solide, blanc jaunâtre, d'une saveur astringente; il possède la propriété de rendre *imputrescibles* les matières animales. Pour cette raison, on l'emploie au **tannage des peaux**. Dès que les peaux ont été débarrassées de leurs poils par un séjour dans un lait de chaux, on les place dans de grandes fosses en intercalant entre chaque couche de peaux un lit de tan ou simplement d'écorce de chêne réduite en petits fragments; au sortir des fosses, les peaux sont corroyées, puis utilisées dans l'industrie.

La noix de galle est utilisée, à cause de son tanin, à la fabrication de l'*encre*. On fait bouillir dans une certaine quantité d'eau de la *noix de galle*, du *sulfate de fer* (vitriol vert), de la *gomme arabique* et du *bois de Brésil*. L'acide tanique se combine au sel de fer et forme un précipité bleuâtre; le bois de Brésil donne plus d'intensité à la couleur; la gomme a pour objet de rendre l'encre moins fluide.

3. **Acide tartrique**. — L'acide tartrique est un corps solide, cristallisé, qui, dissous dans l'eau, lui communique une saveur acide agréable.

Cet acide se trouve, à l'état de tartrate de chaux ou de potasse, dans le jus de raisin. C'est le tartrate de potasse qui se dépose dans les tonneaux où l'on conserve le vin; on le trouve là, coloré en rouge à cause de la couleur du vin qu'il a absorbée.

ACIDE ACÉTIQUE

4. — L'acide acétique pur est solide au-dessous de 7°; au-dessus de cette température, c'est un liquide d'une odeur suffocante et d'une saveur très acide.

Étendu d'eau, il constitue le **vinaigre**, dont les propriétés sont bien moins énergiques que celles de l'acide acétique.

L'acide acétique se recueille dans la distillation du bois; il se forme chaque fois que le vin ou l'alcool s'oxydent à l'air, d'où son nom de vinaigre (vin aigre).

5. Vinaigre. — Pasteur a démontré que l'oxydation du vin provient de la production d'une pellicule mince (**mère** ou **fleur** de vinaigre) qui se forme à la surface du vin. C'est ce ferment, le *Mycoderma aceti*, qui s'empare de l'oxygène de l'air et le porte sur l'alcool du vin pour le transformer en acide acétique.

Il en sera ainsi de toute liqueur alcoolique qu'on laissera en communication avec l'air. Cependant, le liquide alcoolique ne devra pas renfermer plus de 10 p. 100 d'alcool; une dose plus élevée tuerait le ferment; et, de plus, le liquide doit renfermer des phosphates et des matières albuminoïdes.

Dans les ménages on peut faire soi-même un excellent vinaigre. On emplit de vin, aux trois quarts environ, un petit fût qu'on laisse débouché et qu'on place dans un endroit où la température est un peu élevée en tous temps, la cuisine, par exemple; puis, on y ajoute soit une mère de vinaigre, ou mieux 1 litre de bon vinaigre. L'oxydation se produit rapidement. On tire le vinaigre au fur et à mesure des besoins de chaque jour; on remplace la quantité tirée par une quantité équivalente de vin. Le vinaigre ainsi obtenu est un peu coloré en rouge; on peut, si on préfère l'avoir incolore, le faire filtrer sur du noir animal.

Industriellement, pour fabriquer le **vinaigre** dit d'**Orléans**, dans des tonneaux de 200 litres de capacité, portant deux ouvertures par lesquelles l'air puisse circu-

ler, on introduit 100 litres de bon vinaigre, puis 100 litres de vin ordinaire. Ces tonneaux sont placés dans des celliers dont la température est maintenue entre 25 et 30°. Le **Mycoderma aceti**, c'est-à-dire la **mère** du vinaigre, se développe en oxydant le vin. Au bout de quelques jours, on soutire une portion de vinaigre qu'on remplace par une quantité égale de vin. On continue ainsi chaque jour.

ACIDE LACTIQUE

6. — Le lait contient un sucre particulier, nommé **lactose**, ou sucre de lait, qui, lorsque le lait se caille, se trouve changé par la fermentation en **acide lactique**. C'est celui-ci qui donne son goût aigrelet au petit-lait, goût que l'on retrouve dans les fromages frais. Cet acide a une grande importance pour nous, parce que c'est lui qui se forme dans l'estomac pour rendre acide le **suc gastrique** et permettre la digestion stomacale. C'est pour aider son action qu'on met du vinaigre dans la salade et dans les sauces piquantes, et que dans certains cas de maladie on fait absorber de l'acide chlorhydrique très étendu ou bien du jus de citron qui contient de l'*acide citrique*.

Il peut être produit également par des jus sucrés comme le jus de betteraves.

BASES VÉGÉTALES

7. — De même que le règne végétal nous a fourni des acides, de même on y rencontre des bases appelées alcalis végétaux.

Toutes ces bases peu solubles dans l'eau sont très solubles dans l'alcool. Elles sont toutes des poisons très énergiques; elles communiquent aux plantes qui les contiennent leurs propriétés vénéneuses. Telles sont la **morphine**, tirée de l'opium, dont l'usage seul affaiblit les facultés cérébrales et dont l'abus amène fatalement l'idiotisme et la folie; la **nicotine**, tirée du

tabac, dont l'usage affaiblit la mémoire; la **strychnine**, qu'on trouve dans la noix vomique; la **quinine**, extraite du quinquina, qui, à petite dose et surtout à l'état de sulfate de quinine, est employée en médecine pour couper la fièvre.

Parmi les bases végétales importantes, il faut encore citer la **théobromine**, principe actif du cacao ; — la **théine**, principe actif du thé; — la **caféine**, principe actif du café vert. La caféine est employée en médecine comme excitant.

La **cocaïne** est extraite de la coca du Pérou : elle est employée en chirurgie comme anesthésique local.

MATIÈRES COLORANTES — TEINTURE

8. — Les matières colorantes sont ou **naturelles** ou **artificielles**.

Les couleurs **naturelles** sont généralement contenues dans les végétaux : l'**indigotine** (bleue), dans les feuilles de l'**Indigofera**; l'**alizarine** (rouge), dans la racine de la **garance**; l'**hématoxyline** (rouge), dans le bois de **campêche**; l'**orcéine** (rouge), dans les **lichens**; la **safranine** (jaune), dans les stigmates du safran, etc.

Les couleurs **artificielles** sont les couleurs d'**aniline** (violets, rouges, bleus, verts, jaunes, bruns, noirs) et les **couleurs minérales**.

L'**indigo** est la matière colorante bleue qui a pour principe colorant l'indigotine. Il possède une belle couleur bleu foncé à reflets rouges; il est fourni par l'**Indigofera tinctoria**, originaire des Indes. Pour le préparer, on laisse fermenter ses feuilles pendant plusieurs heures dans de l'eau; il se forme une liqueur jaune qu'on décante et qu'on agite à l'air; l'indigo blanc, qui s'était formé, se transforme, en présence de l'air, en indigo bleu qui se précipite en flocons. On recueille ceux-ci, on les égoutte, on les sèche à l'air et on les découpe en petits morceaux.

L'**aniline** se forme dans la distillation de la houille

pour la fabrication du gaz d'éclairage. C'est un liquide incolore, d'une odeur désagréable.

Traitée par l'**acide azotique**, elle se colore en bleu foncé.

En présence du **chlorure de chaux**, elle fournit un beau **violet**.

Traitée par le **bichromate de potasse**, l'**anhydride arsénieux**, etc., elle forme un grand nombre d'autres substances tinctoriales connues sous le nom de couleurs d'aniline. Avec l'anhydride arsénieux et le sel marin, elle donne la **fuchsine**, d'un beau rouge. Le rouge Magenta, le violet de Paris, le bleu Lumière, etc., sont des couleurs d'aniline.

9. Teinture. — Les matières colorantes qu'on désire fixer sur les étoffes doivent **être solubles** au moment où on les met en contact avec les fibres textiles, afin qu'elles les pénètrent complètement; et elles doivent **devenir insolubles** lorsqu'elles y ont pénétré, afin que les lavages à l'eau ne les fassent pas disparaître immédiatement.

Généralement les substances colorantes ne prennent pas directement sur les étoffes; le plus souvent il faut **mordancer** l'étoffe, c'est-à-dire faire agir un **mordant** qui rende les fibres capables de retenir la couleur.

Immersion simple (1). — L'*indigo* peut se fixer directement sur le coton, et les couleurs d'*aniline* sur la soie. Il suffit alors de plonger l'étoffe dans la cuve contenant la matière colorante désirée, qui reste imprégnée dans les fibres du tissu ; mais pour l'indigo on trempe l'étoffe dans une solution d'*indigo blanc*. L'étoffe, incolore au sortir de la cuve, est exposée à l'air où l'indigo blanc soluble se transforme en indigo bleu insoluble.

---

(1) Avant d'être teints, les tissus doivent être débarrassés des substances étrangères ; la soie est **décreusée** à l'eau de savon et blanchie à l'acide sulfureux ; le coton et le lin sont blanchis au chlorure de chaux ; la laine est **désuintée** dans une lessive de soude.

Teinture par mordants. — Les principaux mordants employés sont les *acétates de fer*, de *plomb*, de *cuivre*, d'*alumine*.

L'opération comprend alors deux phases : 1° immersion de l'étoffe dans une dissolution du mordant 2° immersion du tissu mordancé dans le bain de teinture.

10. Impressions sur étoffes. — Lorsqu'on veut, sur une étoffe, imprimer des pois, des fleurs, etc., on procède de façons différentes, soit en faisant des réserves, soit à l'aide de mordants, soit à l'aide de rongeants.

Impression avec réserve. — Cette impression se fait pour les couleurs qui se fixent directement sur l'étoffe, sans mordant. A l'aide de substances qui ne prennent pas la couleur, l'*acétate de cuivre* par exemple, on imprime sur l'étoffe, au moyen de rouleaux de cuivre gravés, des réserves auxquelles on a donné les figures désirées. On plonge ensuite l'étoffe dans le bain de teinture, qui ne prend qu'aux endroits non réservés; il suffit d'enlever les réserves après la teinture.

Impression sur mordants. — Cette impression ne se fait que pour les couleurs qui ne se fixent que sur mordant. Cette fois, le rouleau de cuivre enduit de mordant imprime sur l'étoffe les figures qui devront paraître colorées. Dans l'immersion, la couleur ne prendra que sur les mordants; un simple lavage rendra au reste de l'étoffe sa couleur primitive.

Impression par rongeants. — Enfin, on peut teindre toute l'étoffe d'une couleur uniforme, puis y imprimer des rongeants tels que l'acide oxalique et l'acide tartrique. Ce rongeant enlève la couleur aux points touchés et laisse apparaître en ces points la nuance primitive.

RÉSUMÉ

1-5. Noms d'acides extraits des végétaux. — Acide *oxalique* dans l'oseille; acide *acétique* ou vinaigre produit dans la distillation du bois ou l'oxydation du vin; acide *tar*

trique dans le jus du raisin; acide *tanique* ou *tanin* dans l'écorce du chêne, du marronnier, la noix de galle; il sert au tannage des cuirs.

6. Noms de bases extraites des végétaux. — *Morphine* tirée de l'opium; *nicotine*, du tabac; *quinine*, du quinquina; elles sont toutes des poisons énergiques.

Café. Cocaïne.

7. Matières colorantes. — Indigotine, alizarine, couleurs d'aniline.

8-10. Teinture. — *Mordançage.* Immersion. Mordants. *Impression sur étoffes.*

EXPÉRIENCES A FAIRE

1. Faire mordre dans une feuille d'oseille afin d'en sentir l'acidité.
2. Frotter une tache d'encre avec de l'oseille pour montrer que l'oseille est décomposée.
4. Faire goûter du lait, puis du petit-lait; faire sentir la différence de goût du laitage et de l'acide lactique.

Questionnaire.

1. Que savez-vous de l'acide oxalique? — **2.** A quoi sert le tanin et où le trouve-t-on? — **3.** D'où tire-t-on l'acide tartrique? — **4.** Qu'est-ce que l'acide acétique? — **5.** Comment fait-on le vinaigre? — Comment se fabrique le vinaigre d'Orléans? — **6.** Qu'est-ce que l'acide lactique? — **7.** Quelles sont les propriétés générales des bases végétales? — D'où proviennent la morphine, la nicotine, la strychnine, la quinine? — **8.** Quelles sont les principales matières colorantes? — **9.** Quels sont les différents procédés de teinture? — **10.** Comment imprime-t-on sur étoffes?

Rédaction : 1° Dites comment on fabrique ordinairement le vinaigre; 2° Indiquez les différents moyens de teindre les étoffes.

CHAPITRE XXXV

SUBSTANCES ANIMALES

1. — Dans ce dernier entretien sur la chimie, nous dirons quelques mots des principales substances chimiques qui se trouvent en plus grande abondance dans les animaux. Si nous les étudions à part et si nous les sortons des substances végétales, ce n'est pas qu'elles soient toutes uniquement animales ; il ne peut d'ailleurs pas en être ainsi, car les animaux, tirant des végétaux tous leurs principes nutritifs, doivent y trouver tous les éléments de leur organisme : ils y trouvent même parfois toutes formées des substances très complexes qui s'assimilent immédiatement.

On appelle encore ces substances **principes albuminoïdes**, et ce sont des substances **azotées**.

2. Albumine. — L'*albumine* est cette matière filante, incolore et inodore qui constitue le blanc de l'œuf. Elle possède la propriété de durcir et de blanchir, de se *coaguler*, sous l'influence d'une élévation de température d'environ 80°, maintenue pendant quelques minutes, ou sous l'action des acides.

L'albumine se rencontre non seulement dans le blanc d'œuf, mais encore dans la farine et dans le **sang**.

On l'emploie pour *coller* le vin : l'albumine coagulée englobe et entraîne les matières en suspension ; avec la chaux, elle forme un *ciment* très résistant qu'on peut utiliser pour recoller la porcelaine.

Le jaune de l'œuf renferme des matières grasses.

3. Fibrine. — La *fibrine* est un corps qui se présente sous forme de fils blancs, élastiques. On la trouve dans le gluten de la farine, dans le sang et dans

les muscles. On peut en obtenir de notables proportions en battant, avec des brindilles de bois, du sang qui vient de sortir des vaisseaux sanguins. La fibrine s'attache aux brindilles en filaments qu'un lavage dans l'alcool rend parfaitement blancs.

4. Gélatine. — La *gélatine* est une substance molle, transparente et incolore quand elle est pure ; elle est soluble dans l'eau bouillante, et elle se prend **en gelée** quand on la refroidit; c'est ce qui arrive dans le bouillon d'os concentré et dans beaucoup de sauces de plats de viande. La gélatine brûle en répandant une odeur de corne brûlée.

La gélatine se sépare assez facilement, par l'eau bouillante, de la peau des cartilages, etc. Mais, pour la retirer des os, il faut les mettre dans l'eau qu'on soumet à une température qui dépasse 100°, dans une marmite de Papin.

La **colle de poisson** est de la gélatine pure constituée par la vessie natatoire de certains poissons, surtout l'esturgeon. Elle sert à coller le vin et la bière.

C'est la gélatine plus ou moins pure qui constitue la **colle forte**, dont les usages sont si nombreux.

5. Caséine. Lait. — La caséine est cette masse blanche floconneuse qui se sépare dans le lait quand on le traite par un acide. C'est elle qui forme la partie la plus nutritive du lait, qui constitue le fromage.

Lorsqu'on abandonne le **lait** à lui-même, il se sépare d'abord en deux couches : l'une, supérieure, constitue la **crème**, qui contient en beaucoup plus grande quantité les globules gras du beurre, suspendus en émulsion dans le liquide. L'autre, beaucoup plus volumineuse, renferme en plus grande quantité l'eau et les principes solubles du lait qui sont : deux principes azotés, la **caséine** et l'**albumine** ; un principe sucré, la **lactose**, puis des **sels minéraux**.

Les proportions de ces principes contenus dans le lait de vache sont :

Eau	87,6
Beurre	3,2
Lactose	4,3
Caséine	3
Albumine	1,2
Sels	0,7
	100 de lait.

Le lait est un aliment complet : il est capable d'entretenir, à lui seul, la vie humaine; sa densité est d'environ 1,03.

Le lait fermente facilement : son sucre spécial (**lactose**) se convertit en acide lactique. L'albumine a servi à développer le ferment. La caséine insoluble dans les liqueurs acides se précipite et se coagule : on dit que le lait est **tourné** ou caillé.

Pour éviter cet accident ou, au moins, le retarder, on fait **bouillir** le lait; son albumine se coagule et forme les membranes qui, en empêchant la vapeur d'eau de se dégager, font **monter** le lait bouillant et forment une peau à sa surface. L'albumine ne nourrissant plus le ferment du lait bouilli, la fermentation ne peut être que plus lente.

On peut encore ajouter au lait un peu de carbonate de sodium, de sel de Vichy ou d'eau de chaux pour saturer l'acide lactique à mesure qu'il se forme.

6. **Beurre.** — Le **beurre** est formé par l'agglomération des globules gras du lait qui se réunissent en crème dans le lait abandonné à lui-même. Pour produire cette agglomération, on agite le lait dans des barattes; le liquide qui enveloppe les globules, chassé par la pression, laisse ces globules se coller l'un à l'autre, et la matière grasse se trouve réunie en petites masses que le battage agglomère en éliminant tout le petit lait.

Le beurre est de qualité bien supérieure et rancit bien moins vite quand, au lieu de ne battre que la crème du lait caillé, on bat ce lait tel qu'il sort de la vache.

7. Fromage. — Les *fromages* sont obtenus en faisant cailler rapidement le lait plus ou moins écrémé, avec de la *présure* provenant de la caillette des veaux. La liqueur se prend en une pâte qu'on dépose dans des formes en osier d'où l'eau en excès s'égoutte. On peut consommer ce **fromage** blanc en frais; mais on le laisse habituellement fermenter. Le fromage prend alors de la consistance; on le sale, puis on achève de le sécher.

Les fromages au lait de vache sont ceux de Neufchâtel, de Brie, de Hollande, le Gruyère, le Camembert, etc.; les fromages du Mont-Dore sont au lait de chèvre; ceux de Roquefort au lait de chèvre et au lait de brebis mélangés.

Le fromage est, à poids égal, aussi nutritif que la viande.

FERMENTATION PUTRIDE
CONSERVATION DES MATIÈRES ANIMALES

8. — Les matières végétales, et surtout les matières animales, se corrompent rapidement lorsque la vie a cessé de les animer et qu'elles sont soumises à l'action de l'air, de la chaleur et de l'humidité. Pasteur a montré que cette putréfaction, qui est encore une fermentation, est due à la présence d'un ferment microscopique dont le germe est transporté par l'air. Supprimons l'air du récipient qui renferme les matières animales ou élevons sa température pour tuer ces germes, ou refroidissons-le pour empêcher la fermentation, et la putréfaction ne se produira pas. Tels sont les principes sur lesquels est fondée la conservation des végétaux et des matières animales.

Dans la **glace**, ou à une température inférieure à 0°, on a pu conserver de la viande pendant une dizaine de jours. C'est ainsi qu'en ces dernières années un bateau, **le Frigorifique**, avait été aménagé pour amener de la viande d'Amérique en France. C'est au milieu de

blocs de glace qu'on trouve parfois, conservé, le cadavre gigantesque du mammouth, dont l'espèce est cependant disparue depuis des siècles. Par ce procédé de conservation, on empêche seulement le développement des germes de putréfaction.

Mais par la **cuisson** on **détruit** les germes. Cependant si, après cuisson, le corps reste exposé à l'air, de nouveaux germes seront alors amenés.

Dans le **procédé d'Appert** on introduit les matières à conserver, légumes, viandes, toutes préparées dans une boîte en fer-blanc. Puis on soude le couvercle en y laissant seulement une petite ouverture; la boîte est ensuite placée dans un vase contenant de l'eau qu'on porte à l'ébullition. Une goutte de soudure bouche alors l'ouverture qu'on avait ménagée, puis enfin on la chauffe de nouveau au bain-marie. Dans ce procédé, les germes ont été détruits par la cuisson; en outre, il ne peut plus s'en introduire, puisque le vase est hermétiquement fermé. Dans les ménages on remplace la boîte par des bouteilles à fortes parois, dans lesquelles on introduit les pois, haricots verts, etc., qu'on désire conserver; un bon bouchon est substitué au couvercle métallique.

On peut, en outre, employer les **antiseptiques**, ou antiputrides, pour détruire les germes. Le plus employé est la **créosote**, qui existe en quantité suffisante dans la fumée. C'est grâce à la créosote de la fumée qu'on conserve le jambon, les harengs saurs et toutes les viandes dites fumées qu'on a soin de saler préalablement.

Le **sel** seul est encore un antiseptique; c'est dans le sel qu'on conserve le lard, le hareng, la morue.

L'alcool est surtout employé, dans ce but, à la conservation des **fruits** : prunes, cerises, qu'on appelle alors fruits à l'eau-de-vie.

Dans certains cas, il suffit d'**isoler** les matières à conserver de **toute atteinte de l'air**. C'est ainsi qu'on peut **conserver les œufs** en les plongeant pendant une

journée dans de l'eau de chaux. Lorsqu'on les retire, la chaux qui a pénétré dans les pores de la coquille se solidifie et arrête en grande partie la rentrée de l'air. On peut encore les ranger dans une boîte, parfaitement entourés de sciure ou de cendres de bois très fines.

On peut conserver les volailles, le gibier, en les plaçant tout cuits dans de grands pots en grès. Les intervalles entre chaque volaille sont remplis par de la bonne graisse fondue et coulée dans le pot de grès.

L'**huile** suffit pour conserver le thon, les sardines, etc.

Le **vinaigre** est employé pour la conservation des cornichons, des oignons.

RÉSUMÉ

1-4. Substances animales. — *Albumine :* œuf, sang, farine; *fibrine :* muscles, sang, farine; *gélatine :* colle de poisson.

5-7. Caséine. Lait. — *Beurre. Fromages.*

8. Conservation des matières animales. — Empêcher les germes de putréfaction de pénétrer jusqu'à la matière à conserver, ou arrêter leur développement, ou les détruire : *glace*, substances *cuites* et *enfermées* dans des boîtes rigoureusement fermées, *fumée*, *sel*, *alcool*, *huile*, *vinaigre*.

Questionnaire.

1. Qu'entendez-vous par substances animales? — Y a-t-il des substances uniquement animales? — 2. Où trouve-t-on l'albumine? — Quelles sont ses propriétés? — 3. Quel est l'aspect de la fibrine? — Comment fait-on pour la tirer du sang? — 4. Quelles sont les propriétés de la gélatine? — D'où l'extrait-on? — A quoi sert la gélatine? — D'où tire-t-on la colle de poisson? — 5. Qu'est-ce que la caséine? — De quoi se compose le lait? — Que contient la crème du lait? et le lait écrémé? — 6. Comment fait-on le beurre? — 7. Comment obtient-on les fromages? — Quels sont les principaux fromages, et de quels laits sont-ils faits? — 8. Quelles sont les causes de putréfaction des matières organiques? — Que faut-il faire pour empêcher la putréfaction de ces matières? — Comment agit la glace? — En quoi consiste le procédé de conservation d'Appert? — Comment peut-on faire des conserves de légumes dans les ménages? — Quels sont les antiseptiques employés à la conservation des matières animales?

RÉDACTION : Énumérez les principaux moyens de conservation des matières alimentaires.

TABLE DES MATIÈRES

		Pages.
DIVISIONS GÉNÉRALES		1
CHAPITRE Ier.	— L'Homme	3
II.	— Organes du mouvement chez l'homme	7
III.	— Articulations. Ligaments	14
IV.	— Nutrition	24
V.	— Nutrition (*suite*)	30
VI.	— Circulation	37
VII.	— Respiration	48
VIII.	— Système nerveux	59
IX.	— Sens et organes des sens	64
X.	— Alcoolisme	73
XI.	— Les Animaux	78
XII.	— Les Mammifères	85
XIII.	— Les Mammifères (*suite*)	92
XIV.	— Les Oiseaux	97
XV.	— Reptiles	106
XVI.	— Batraciens	110
XVII.	— Invertébrés	116
XVIII.	— Annelés ou Articulés	125
XIX.	— Mollusques. Rayonnés. Protozoaires	129
XX.	— Animaux utiles	135
XXI.	— Animaux nuisibles	144
XXII.	— Graine. Racine. Organes de nutrition	154
XXIII.	— Organes de nutrition (*suite*)	161
XXIV.	— Organes de nutrition (*suite*)	168
XXV.	— Organes de reproduction	174
XXVI.	— Classification végétale	188
XXVII.	— Monocotylédones	201
XXVIII.	— Végétaux utiles. Végétaux nuisibles	211
XXIX.	— Formation de la Terre	221
XXX.	— Chaleur intérieure. Volcans. Tremblements de terre	227
XXXI.	— Classification des terrains	233
XXXII.	— Les Minéraux. Pierres	245
XXXIII.	— Talc. Mica. Schistes	251
XXXIV.	— Modifications du sol dues aux phénomènes actuels	256

NOTIONS DE PHYSIQUE ET DE CHIMIE

		Pages.
CHAPITRE Ier.	— Pesanteur	261
II.	— Équilibre des liquides	273
III.	— Principes de Pascal et d'Archimède	280
IV.	— Pression atmosphérique	286
V.	— Baromètres. Ballons	292
VI.	— Pompes. Siphons	303
VII.	— Chaleur	310
VIII.	— Changement d'état des corps	318
IX.	— Machines à vapeur. Moteurs	324
X.	— Conductibilité de la chaleur	337
XI.	— Application des modes de propagation de la chaleur. Appareils de chauffage	338
XII.	— Météorologie	342
XIII.	— Électricité	347
XIV.	— Machines électriques	353
XV.	— Courants électriques	359
XVI.	— Aimants	367
XVII.	— Télégraphie électrique	372
XVIII.	— Induction	380
XIX.	— Lumière	386
XX.	— Lentilles. Prisme. Disque	394
XXI.	— Le Son	402
XXII.	— Chimie. Notions préliminaires. Eau. Oxygène. Hydrogène	411
XXIII.	— L'Eau	418
XXIV.	— Azote. Air. Acide azotique. Ammoniac	422
XXV.	— Carbone. Acide carbonique	429
XXVI.	— Oxyde de carbone. Gaz des marais. Gaz d'éclairage	437
XXVII.	— Phosphore. Soufre. Chlore. Leurs acides	443
XXVIII.	— Métaux	451
XXIX.	— Métaux usuels. Cuivre. Zinc. Étain. Plomb. Aluminium	459
XXX.	— Oxydes. Sels usuels	468
XXXI.	— Matières organiques	478
XXXII.	— Corps gras. Sucres	488
XXXIII.	— Matières amylacées	496
XXXIV.	— Acides végétaux ou organiques	504
XXXV.	— Substances animales	512